

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я.М. Корнієнко
(підпис)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних,
нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення сушильної частини для модернізації
картоноробної машини

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-82мп
Нечипоренко Ростислав Артурович

Керівник дисертації канд. техн. наук, проф. В.М. Марчевський

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

технологія виготовлення кришки

канд. техн. наук, старш. викл. Я.Г. Двойнос

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»

спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування

спеціалізація: Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко
«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Нечипоренку Ростиславу Артуровичу

1. Тема дисертації: «Розроблення сушильної частини для модернізації картоноробної машини»

керівник дисертації Марчевський В.М. канд. техн. наук, проф.

затверджені наказом по університету від 01 листопада 2019 р. № 3807-с.

2. Термін подання студентом проекту: 05 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Швидкість картоноробної машини – 600 м/хв, загальна маса квадратного метра картону – 175 г/м², початкова сухість картону 45 %, кінцева сухість картону 96 %, ширина картонного полотна – 4,2 м.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції сушильних частин, обґрунтувати вибір конструкції; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а

саме, розрахунок кришки, цапф оболонки сушильного циліндру на жорсткість та міцність, розрахунок потужності приводу та вибір двигун;

б) маркетинг стартап-проектів: створити стартап-проект модернізованого апарату;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією картоноробної машини, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації картоноробної машини та дії обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування сушильної частини; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення важіля, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): сушильна частина КРМ – А3×4; циліндр сушильний – А0; головка паровпускна – А2х5; привод – А1; шабер – А2×4; схема автоматизації сушильної частини КРМ – А2; важіль – А2; кондуктор – А2, плакат – А1х1

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Ковтун І.М. | | |
| Розробка стартап-проекту | Юдіна Н.В. | | |
| Технологія виготовлення кришки | Двойнос Я.Г. | | |
| Автоматичний контроль і керування процесом | Сазонов А.Ю. | | |

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. | 02.09.2019 | |
| 2 | Добір матеріалів. Складання звіту з практики. | 25.10.2019 | |
| 3 | Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Створення стартап-проєкту. | 06.11.2019 | |
| 4 | Обґрунтування актуальності проєкту. Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкцій сушильної частини, сушильного циліндру, головки паровпускної та шабера. Технічна характеристика сушильної частини КРМ. | 12.11.2019 | |
| 5 | Виконання моделювання запропонованої модернізації | 15.11.2019 | |
| 6 | Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунки на міцність та жорсткість. | 22.11.2019 | |
| 7 | Розробка складальних креслень апаратів і їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів | 25.11.2019 | |
| 8 | Уточнення графічної частини проєкту і специфікацій | 26.11.2019 | |
| 9 | Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації. | 30.11.2019 | |
| 10 | Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проєкту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань | 02.12.2019 | |
| 11 | Попередній захист проєкту | 04.12.2019 | |
| 12 | Корегування проєкту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту | 05.12.2019 | |

Студент

_____ Р.А. Нечипоренко
(підпис)

Керівник магістерської дисертації

_____ В.М. Марчевський
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 676.026.2

Магістерська дисертація на тему «Розроблення сушильної частини для модернізації картоноробної машини» / КПП ім. Ігоря Сікорського; Керівник В.М. Марчевський – К., 2019. – 164 с. : іл. – Викон. Р.А. Нечипоренко. – Бібліогр.: с. 99.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 21 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 164 с. основного тексту, 35 рисунків, 28 таблиць і 5 додатків.

Метою роботи є проектування і модернізація конструкції сушильної частини картоноробної машини, призначеної для сушіння картону.

Поставлена задача досягається шляхом дослідження літературних джерел, виконанням розрахунків сушильної частини та деталей конструкції, розробкою необхідних креслеників. Виконано аналіз результатів, наведено висновки та список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка також містить схему отримання багатошарового картону, її опис та місце сушильної частини в ній.

Графічна частина проекту включає кресленики форматів А3х4, А0, А2х5, А2х4, А1, А2, А2 та плакат формату А1х2, що містять: складальні кресленики сушильної частини та сушильного циліндру, а також кресленик головки паровпускної, шабера, важіля, кондуктора та схеми автоматизації. До складальних креслеників складені специфікації.

Основні результати роботи висвітлені на двох міжнародних конференціях. Також на розроблену конструкцію отримано деклараційний патент України на корисну модель.

СУШИЛЬНА ЧАСТИНА, СУШИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР, ГОЛОВКА ПАРОВПУСКНА, ШАБЕР, КАРТОНОРобНА МАШИНА.

РЕФЕРАТ

УДК 676.026.2

Магистерская диссертация на тему «Разработка сушильной части для модернизации картоноделательной машины» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель Марчевский В.Н. - М., 2019. - 164 с.: Ил. - Викон. Р.А. Нечипоренко. - Библиогр. : с. 99.

Пояснительная записка состоит из вступления, 8 глав, вывода, списка ссылок из 21 наименований. Общий объем работы составляет 164 с. основного текста, 25 рисунков, 30 таблиц и 5 приложений.

Целью работы является проектирование и модернизация конструкции сушильной части картоноделательной машины, предназначенной для сушки картона.

Поставленная задача достигается путем исследования литературных источников, выполнением расчетов сушильной части и деталей конструкции, разработкой необходимых чертежей. Выполнен анализ результатов, приведены выводы и список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка также содержит схему получения многослойного картона, ее описание и место сушильной части в ней.

Графическая часть проекта включает чертежи форматов А3х4, А0, А2х5, А2х4, А1, А2, А2 и плакат формата А1, содержащие: сборочные чертежи сушильной части и сушильного цилиндра, а также чертеж головки паровпускной, рычага, кондуктора и схемы автоматизации. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Основные результаты работы освещены на двух международных конференциях. Также на разработанную конструкцию получено декларационный патент Украины на полезную модель.

СУШИЛЬНАЯ ЧАСТЬ, СУШИЛЬНЫЙ ЦИЛИНДР, ГОЛОВКА ПАРОВПУСКНАЯ, ШАБЕР, КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА.

ABSTRACT

Master's thesis on "Development of a drying part for the modernization of the cardboard machine" / KPI them. Igor Sikorsky; Head of V.M. Marchevskiy. - K., 2019. - 164 pp.: Ill. - Window. R.A. Nechyporenko. - Bibliogr. : p. 99 .

The explanatory note consists of an introduction, 8 sections, conclusions, a list of references of 21 titles. The total volume of work is 164 p. main text, 25 figures, 30 tables and 5 appendices. The purpose of the work is to design and modernize the design of the drying part of the cardboard machine intended for the drying of cardboard.

This task is achieved through the study of literary sources, the calculation of the drying part and the main components and nodes of the design, the development of the necessary drawings. The results are analyzed, conclusions are drawn, and the list of used literature is given.

The explanatory note also contains a scheme for obtaining a multilayer cardboard, its description and the place of the drying part in it.

The graphic part of the project includes drawings of the formats A3x4, A0, A2x5, A2x4, A1, A2, A2 and the poster of the format A1, containing: assembly drawings of the forming part and the mass-release device, as well as the drawing of the thorax, cover, three-cam cartridge with a cartridge. Specifications are drawn up for the assembly drawings.

The main results of the work are covered at three international conferences and a scientific article. Also, the developed design received a patent patent of Ukraine for utility model.

DRYING COMPONENT, DRYING CYLINDER, BLOW DOWN SHAFT, STEAM INLET HEAD, SCRAPER, CARDBOARD MACHINE.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
спеціалізація: Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових
виробництв

**на тему: Розроблення сушильної частини для модернізації картоноробної
машини**

Київ – 2019

Зміст

| | |
|--|----|
| Перелік скорочень | 11 |
| Вступ | 12 |
| 1. Призначення та область застосування сушильної частини | 13 |
| 1.1 Опис технологічного процесу | 13 |
| 1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі | 14 |
| 2. Технічна характеристика | 15 |
| 3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції | 16 |
| 3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей | 16 |
| 3.2 Вибір матеріалів | 19 |
| 3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами | 19 |
| 3.4 Патентне дослідження | 22 |
| 4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції | 28 |
| 4.1 Розрахунок кількості сушильних циліндрів | 28 |
| 4.2 Розрахунок основних елементів сушильного циліндра | 34 |
| 4.2.1 Розрахунок корпусу циліндра | 34 |
| 4.2.2 Розрахунок кришки циліндра | 37 |
| 4.2.3 Розрахунок болтів | 39 |
| 4.2.4 Розрахунок цапф циліндра | 42 |
| 4.3 Вибір та розрахунок підшипників | 43 |
| 4.4 Визначення потужності привода | 46 |
| 4.5 Розрахунок паровпускної головки | 49 |
| 4.6 Розрахунок шабера | 51 |
| 4.6 Розрахунок автоматичної сітконатяжки | 52 |
| 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | 55 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|------|---|--|--|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | | | |
| | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Нечипоренко | | | Розроблення сушильної частини для модернізації картоноробної машини Пояснювальна записка | | Літ. | Арк. |
| Перевір. | | Марчевський | | | | | | 9 |
| Реценз. | | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, каф. МАХНВ | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |
| | | | | | | | Акрушів | 164 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Небезпека ураження електричним струмом | 55 |
| 5.2 | Рухомі механізми | 58 |
| 5.3 | Повітря робочої зони | 59 |
| 5.4 | Шум і вібрація | 60 |
| 5.5 | Пожежна безпека | 61 |
| 5.6 | Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях | 63 |
| 6. | Рекомендації щодо ремонту та експлуатації сушильної частини | 66 |
| 7. | Рівень стандартизації та уніфікації | 70 |
| 8 | Стартап-проект | 71 |
| | Висновки | 92 |
| | Выводы | 95 |
| | Conclusions | 97 |
| | Перелік посилань | 99 |
| | Додаток А Технологічний процес виготовлення деталі Важіль | 101 |
| | Додаток Б Автоматична система керування формуючої частини КРМ | 114 |
| | Додаток В Документація до патентного дослідження | 126 |
| | Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні | 129 |
| | Додаток Д Публікації автора | 161 |

Перелік умовних позначень, скорочень та термінів

Умовні скорочення:

KPM – картоноробна машина

Умовні позначення:

c – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

D, d – діаметри, м;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

L, l, A – відстані, м;

m – коефіцієнт збільшення витрат тепла на випаровування хімічно зв'язаної води;

p – тиск, Па;

Q – теплове навантаження, Вт;

q – маса 1 м² паперу, кг/м²;

$R_{\text{п}}$ – газова стала для пари, Дж/(кг·К);

S – натяг сітки, Н/м.

t – температура, К;

U – вологовміст, кг/кг;

v – швидкість машини, м/с;

z – середньоінтегральний коефіцієнт сушіння в другому періоді;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

δ – товщина стінки, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

ψ – коефіцієнт використання тепла;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вступ

Обсяг виробництва паперу зростає і підвищуються вимоги до його якості. Це вимагає створення нового і вдосконалення існуючого обладнання.

Оскільки процес сушіння картону після пресування, як правило, лімітує продуктивність картоноробної машини, то тема роботи, направленої на створення ефективної сушильної частини, актуальна.

Метою проекту є розробка конструкції високоефективної сушильної частини картоноробної машини. Суть розробленої конструкції полягає в заповненні впадин кришок мінеральноватною теплоізоляцією, яка зменшить втрати тепла до 90 %. Завдяки цим змінам досягнуто підвищення показника – економічності, та зменшення витрат теплоти сушильною частиною картоноробної машини.

В даному дипломному проекті розроблена сушильна частина, яка може бути використана для модернізації вже існуючих картоноробних машин, а також – при проектуванні нових.

Розробка такої конструкції потребує проведення техніко-економічного розрахунку, вивчення питань щодо охорони праці, порівняння її з аналогами.

Завдання на проект та матеріал до нього було отримано та зібрано під час переддипломної практики.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. Призначення та область використання сушильної частини КРМ

Сушильна частина картоноробної машини призначена для сушіння картонного полотна і може застосовуватись на папероробних, картоноробних машинах та машинах для сушіння целюлози.

1.1 Опис технологічного процесу

Після пресової частини сухість картону звичайно складає 28-39 %. Подальше зневоднювання до кінцевої сухості 92-96 % відбувається на сушильній частині картоноробної машини. Кількість води, що випаровується, визначається сухістю картону, що надходить на сушильну частину та виходить з неї. Вона коливається в межах від 1,3 до 2,5 кг води на 1 кг картону, що приблизно в 50-100 разів менше кількості води, що видаляється на мокрій частині машини.

В процесі сушіння паперу відбувається його усадка (зменшення розмірів). Тому в сушильній частині КРМ необхідно поступово зменшувати швидкість полотна. З цією метою конструктивно сушильна частина виконується у вигляді кількох груп циліндрів.

В кінці сушильної частини розміщена холодильна частина КРМ, призначена для охолодження та зволоження паперового полотна перед каландруванням.

Розроблена конструкція сушильної частини застосовується на картоноробних машинах для виготовлення високоякісного картону. Сушильна частина КРМ призначена для сушіння картону обрізною шириною до 4200 мм, швидкістю до 600 м/хв., масою до 175 г/м² від початкової сухості 45 % до кінцевої сухості 96 %.

Крім того сушильна частина може застосовуватись на папероробних машинах і машинах для сушіння целюлози.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Обробна частина КРМ представлена каландром та накатом. Каландр призначений для двостороннього вигладжування паперового полотна шляхом обробки його тиском і нагріванням в захватах валів. Накат вирішує важливу задачу – безперервне приймання паперу з машини, його охолодження, часткове зволоження і намотування в щільні рулони.

1.2 Вибір типу сушильної частини, її місце в технологічній схемі

Найбільшого поширення для сушіння паперу та картону в світовій целюлозно-паперовій промисловості набули багатоциліндрові сушильні частини контактного типу. Як правило, сушильні циліндри в них розташовуються в два яруси в шаховому порядку. Кожна приводна група при такому розміщенні має по дві сушильні сітки.

Розроблена сушильна частина картоноробної машини призначена для зневоднення картонного полотна з підвищенням сухості від 45% до 95%. Дана сушильна частина складається з двох рядів циліндрів які нагріваються паром, розташованих в шаховому порядку.

Полотно притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою сіток, що поліпшують тепловіддачу й запобігають жолобленню й зморщуванню поверхні паперу при сушінні. Верхній і нижній ряди сушильних циліндрів мають роздільні сітки, причому одна сітка охоплює відразу кілька циліндрів (група сушильних циліндрів). Полотно паперу рухається з верхнього циліндра на нижній, потім на сусідній верхній і т.д. Пара збирається під ковпаком, розташованим над всією сушильною частиною машини, а потім видаляється витяжними вентиляторами назовні. Тепло від пари відбирається в теплорекуператорах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Технічна характеристика

Технічна характеристика сушильної частини наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика пресу клеїльного

| Параметр | Розмірність | Значення |
|--|------------------|---------------|
| Продуктивність машини | Кг/с (кг/год) | 7,14 25704 |
| Швидкість машини | м/с (м/хв) | 10 (600) |
| Обрізна ширина картону | мм | 4200 |
| Маса 1 м ² абсолютно сухого картону | г/м ² | 175 |
| Початкова сухість полотна | % | 45 |
| Кінцева сухість полотна | % | 96 |
| Кількість сушильних циліндрів | шт. | 118 |
| Діаметр сушильного циліндра | мм | 1500 |
| Тиск пари в циліндрах | МПа | 0,5 |
| Потужність привода | кВт | 315 |

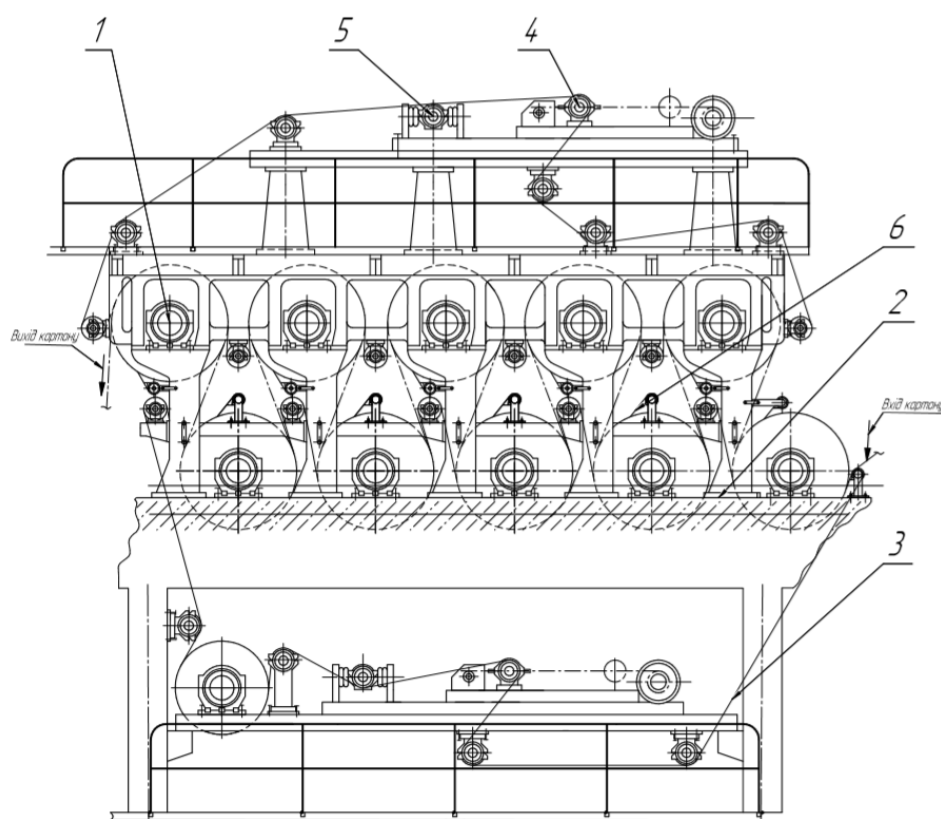
3 Опис та обґрунтування обраної конструкції

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

Сушильна частина складається з 8 приводних груп. Кожна безобривна приводна сушильна група складається з сушильних циліндрів діаметром 1500 мм. Також конструкція має приводний вал для всієї групи та сітку, яка замінює сукно; головки паровпускні з сифонами для відбору конденсату; вали сітководучі; автоматичну сітконатяжку та сіткоправку; шабери.

Схема сушильної групи показана на рисунку 3.1.



- 1 – сушильний циліндр; 2 – станина; 3 – сітка; 4 – сітконатяжка;
5 – сіткоправка; 6 – шабер.

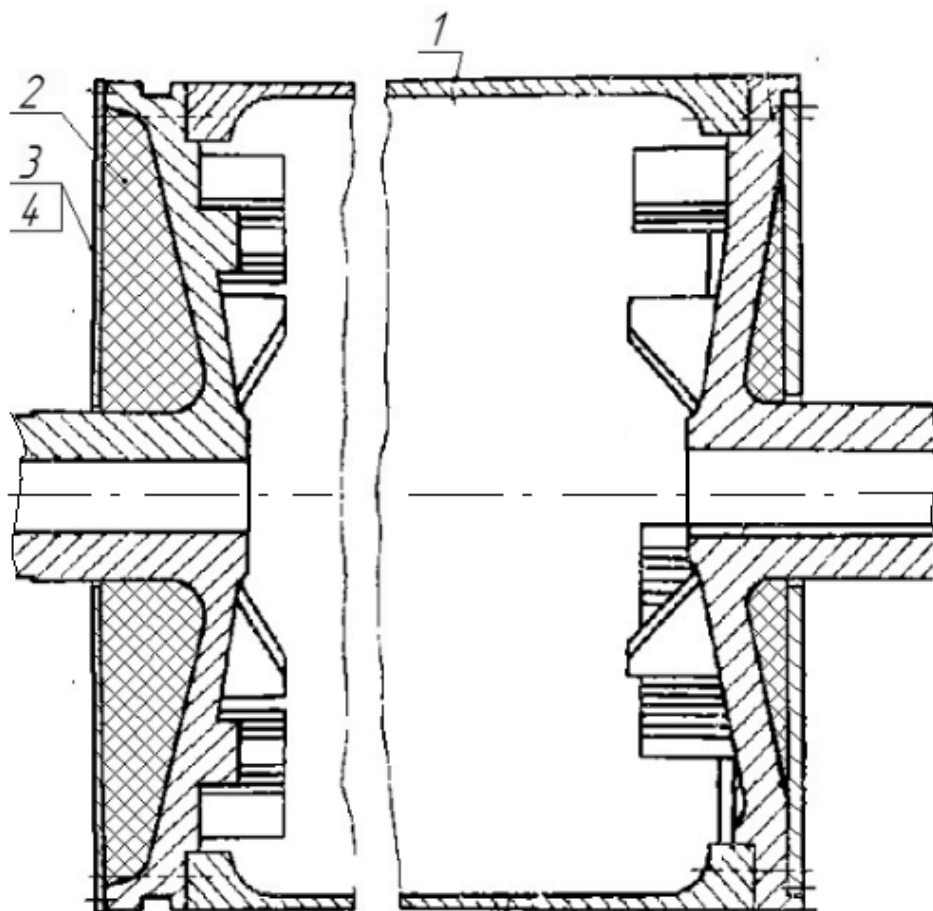
Рисунок 3.1 – Схема сушильної групи

Сушильний циліндр призначений для контактного сушіння паперового полотна. Він складається з корпусу та двох кришок-цапф, відлитих з чавуну.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Корпус та кришки з'єднані між собою болтами, для забезпечення герметичності стиків використано прокладки. Кришка лицьової сторони машини обладнана люком-лазом для огляду та обслуговування циліндра. Цапфа приводної сторони – пустотіла, кінець цапфи пристосований для закріплення паровпускної головки. Зовнішня поверхня циліндра вкрита шаром хрому та відполірована.

Суттєвим недоліком сушильного циліндра є втрати теплоти зовнішньою поверхнею торцевих кришок в навколишнє середовище.



1 – оболонка; 2 – теплоізоляція; 3 – тонкостінний диск;

4 – гвинти;

Рисунок 3.2 – Схема модернізації сушильного циліндра

Поставлена задача вирішується тим, що зовнішня поверхня кришок, виконана у вигляді криволінійних впадин, заповнених мінеральною

теплоізоляцією і закрита тонкими дисками, одягненими на цапфи та закріплених до торців оболонки валу.

Сушильний циліндр працює у такий спосіб: у приведений до обертання циліндр через отвір в цапфі подається водяна пара, яка конденсується на внутрішній поверхні оболонки та кришок, теплота конденсації передається через оболонку до паперу, а через кришки в навколишнє середовище, заповнення впадин кришок мінеральноватною теплоізоляцією зменшують втрати тепла до 90 %.

Головки паровпускні призначені для подачі пари з паропроводів в обертів сушильні циліндри та відведення з них конденсату з допомогою сифонів. Перехідник головки кріпиться до цапфи сушильного циліндра і обертається разом з ним. Для герметичного з'єднання нерухомої частини конструкції з перехідником використане графітове ущільнююче кільце, що притискається спеціальними пружинами. Конденсат з циліндрів відбирається з допомогою нерухомої труби-сифону, прикріпленої до паровпускної головки. Кінець сифону знаходиться на відстані 3...4 мм від стінки корпусу циліндра.

Сітковедучі вали – трубчастої конструкції з чавунними патронами-цапфами. Поверхня валів облицьована гумою.

Сіткоправка автоматична призначена для корегування положення сітки відносно осі машини. Це забезпечується шляхом перекосу сіткоправильного валика, що контактує із сіткою, внаслідок переміщення його підшипникового вузла лицьової сторони. Опора валу переміщується при подачі стиснутого повітря в порожнини гумово-кордних балонів, встановлених з обох боків від неї.

Сітконатяжка автоматична призначена для підтримання постійного натягу синтетичної сітки. Основними складовими частинами є рама, барабан, дві рухомі каретки, вал натяжний, пневмоциліндр. Натяг сітки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

регулюється шляхом переміщення натяжного валу, який охоплюється сіткою, в горизонтальній площині.

Шабери призначені для очищення поверхонь сушильних циліндрів від залишків паперового полотна. Крім того, вони запобігають заповненню сушильної частини браком у випадку обривів полотна. Робочим елементом шабера є лезо, яке притискається до поверхні циліндра.

3.2 Вибір та обґрунтування матеріалів конструкції

Оболонка та кришки холодильного циліндра повинні мати достатню міцність для того, щоб працювати під тиском та протидіяти згинаючим моментам, що виникають при роботі. Тому з урахуванням цих факторів обираємо матеріал корпусу та кришок сірий чавун СЧ25 ГОСТ 4543-71, що задовільняє проведенням розрахункам [4].

Леза шаберу виготовляються з прокатної фосфористої бронзи, що забезпечує необхідну твердість (170 НВ). А матеріал для сіткооведучих валів приймаємо Сталь 25 ГОСТ 1051-73 [4].

Для елементів холодильної частини, що не сприймають значних навантажень, доцільно використати чавун СЧ20 ГОСТ 4543-71. Матеріали інших вузлів складових одиниць обрані згідно складальних креслень [4].

В якості сіток верхнього та нижнього рядів приймаємо синтетичні сітки 7055/М1 [3].

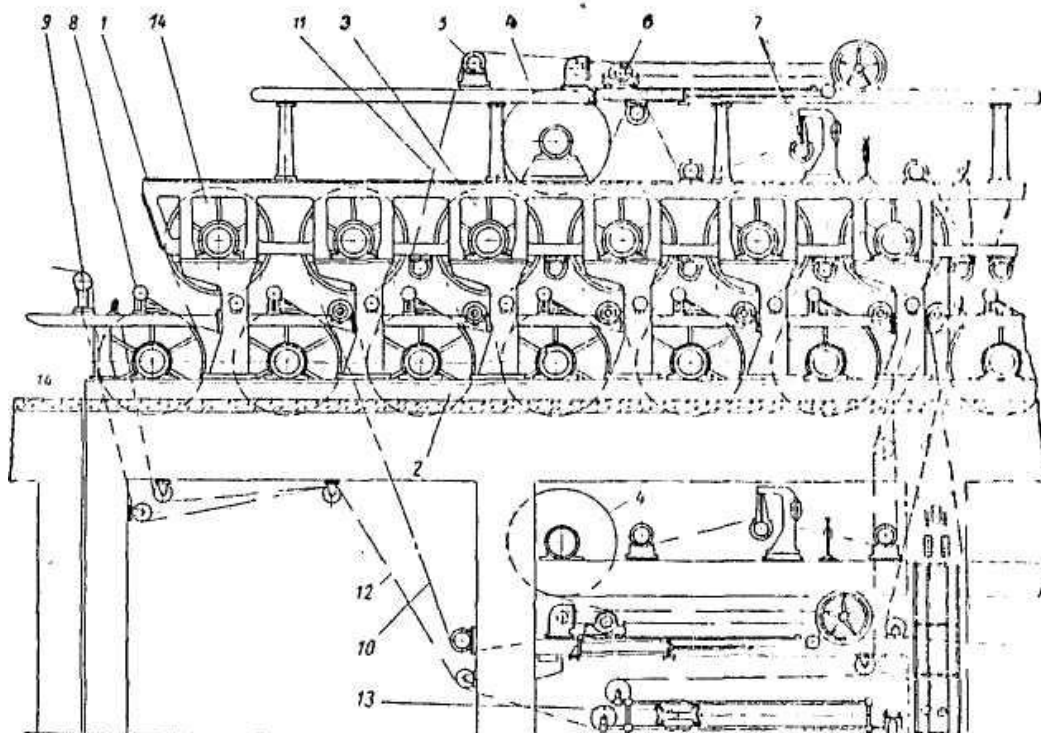
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогом

Сушильна група аналога складається з циліндрів, які розташовані в шаховому порядку показана на рисунку 3.3. Ця конструкція потребує

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

наявності двох сукон, підвалу та декількох сукносушильних циліндрів. Вона споживає велику кількість енергії та має велику металоємність.

Розроблена сушильна група зображена на рисунку 3.1 має декілька суттєвих відмінностей від аналогів за своєю конструкцією.



1 – станина; 2 – сушильний циліндр нижнього ряду; 3 – сушильний циліндр верхнього ряду; 4 – сукносушильний циліндр; 5 – сукноведучий вал; 6 – механізм автоматичної натяжки сукон; 7 – механізм автоматичної правки сукон; 8 – шабер сушильного циліндра; 9 – папероведучий вал; 10 – сукно нижнього ряду циліндрів; 11 – сукно верхнього ряду циліндрів; 12 – канатики для автоматичної заправки полотна; 13 – механізм автоматичної натяжки канатиків; 14 – сушильний циліндр.

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд сушильної частини

В якості аналогів для порівняння обрано:

а) аналог №1 – сушильна частина «Київського картонно-паперового комбінату»;

б) аналог №2 – холодильна частина виробництва заводу «ДніпроТяжБумМаш» папероробного машинобудування;

в) аналог №3 – холодильна частина «Жидачівського картоннопаперового комбінату»

Порівняння основних показників розробленої конструкції сушильної частини з аналогом наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників сушильних частин

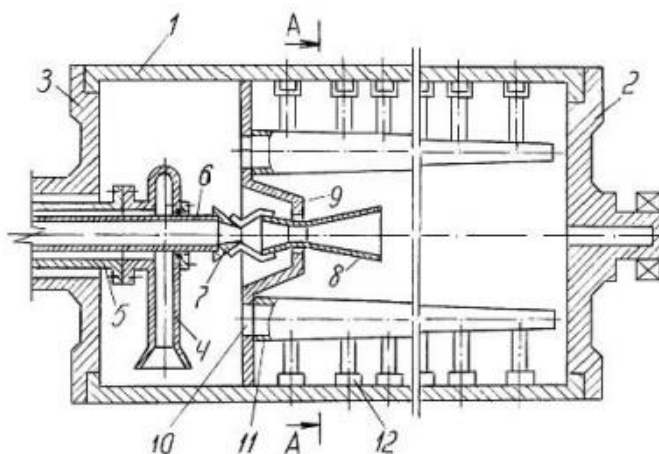
| Показники, що характеризують сушильну частину | Розроблена сушильна частина | Аналог №1 | Аналог №2 | Аналог №3 |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Продуктивність, кг/год | 25704 | 23000 | 23500 | 23500 |
| Ширина картону до, м | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| Робоча швидкість, м/с | 10 | 9 | 9,5 | 9,5 |
| Маса 1 м ² картону, кг/м ² | 0,175 | 0,2 | 0,19 | 0,9 |
| Кількість сушильних циліндрів, шт | 118 | 113 | 125 | 125 |
| Діаметр сушильних циліндрів, м | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Тиск пари в циліндрах до, МПа | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Витрати пару, кг,с | 9,18 | 15,2 | 17,1 | 15,9 |
| Маса сушильної частини, кг | 2200000 | 2150000 | 2150000 | 2150000 |

3.4 Патентні дослідження

Предмет патентного пошуку – сушильний циліндр. Мета пошуку інформації - визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Всі необхідні відомості щодо патентів та джерел пошуку наведено в додатку В.

Конструкція сушильного циліндра, представлена в патенті № 4184268 (US) [1] (рис. 3.4), містить оболонку, торцеві кришки лицьового та привідного боків, має встановлений біля торцевої кришки привідного боку розподільний диск. Він прилягає до внутрішньої поверхні корпусу та має ряд отворів, до яких приєднані збірники конденсату. Крім того конструкція містить трубопровід для подачі теплоносія з встановленим на його торці ежекторним пристроєм, а також нерухомий сифон для відведення теплоносія. Сифон розміщений між розподільним диском та торцевою кришкою з привідного боку.



1 – корпус; 2, 3 – торцеві кришки; 4 – нерухомий сифон;

5 – трубопровід для відведення конденсату; 6 – трубопровід для подачі пари; 7 – сопло; 8 – дифузор; 9 – розподільувальний диск; 10 – отвори;

11 – збірник конденсату

Рисунок 3.4 – Конструкція сушильного циліндра

Характерним є те, що збірники конденсату виконані у вигляді труб, встановлених на відстані від внутрішньої поверхні корпусу паралельно його твірній. Кожна з труб по її довжині обладнана сифонами для відведення конденсату, встановленими зі змінним кроком. Крок зменшується від торцевих кришок до середини корпусу та має змінний по довжині поперечний розріз, що збільшується від торцевої кришки лицьового боку до розподільного диска. Таке виконання підвищує інтенсивність теплообміну і якість полотна, вирівнює профіль вологості полотна та усуває пересушування паперу. Недоліками конструкції є складність та велика її вартість, складність балансування, потреба у висококваліфікованих кадрах для обслуговування.

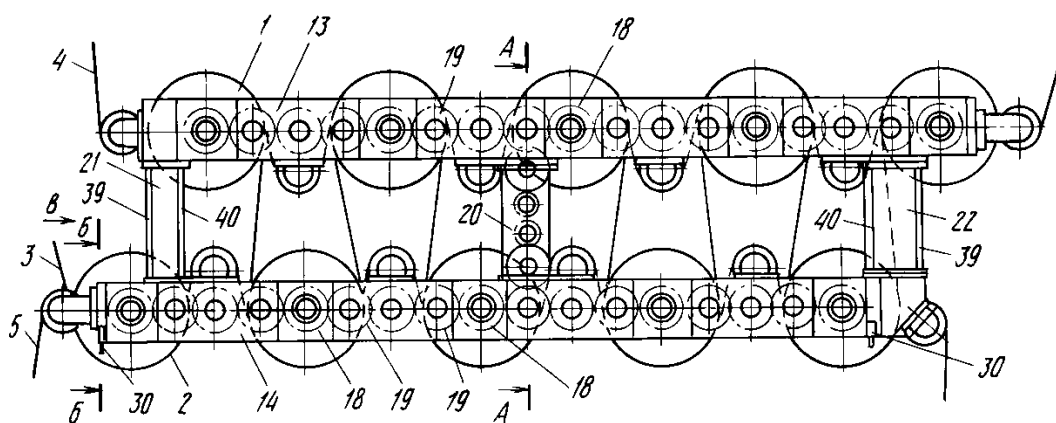
Крім того, конденсація пари не лімітує швидкість переносу теплоти.

В патенті №2051259 (RU) [2] представлена сушильна частина (рисунок 3.5), що містить розташовані двома горизонтальними рядами один над іншим і розділені по технологічному потоку на групи сушильні циліндри для сушки при транспортуванні зигзагоподібного полотна, що охоплює їх, контактуючі з поверхнями циліндрів і огинаючи їх через сукноведучі вали нескінченні сукна. При цьому сушильні циліндри встановлені в підшипниках на станинах лицьової і привідної сторін.

Кожухи станин приводної сторони виконані в кожній з груп сушильних циліндрів нероз'ємними по довжині у вигляді двох моноблоків, забезпечених пристроями для накопичення, підтримки рівня і переливу циркулюючого мастила.

Очікуваний ефект - спрощення конструкції сушильної частини за рахунок спрощення будови станин приводної сторони і підвищення експлуатаційної надійності зубчастого приводу сушильних циліндрів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



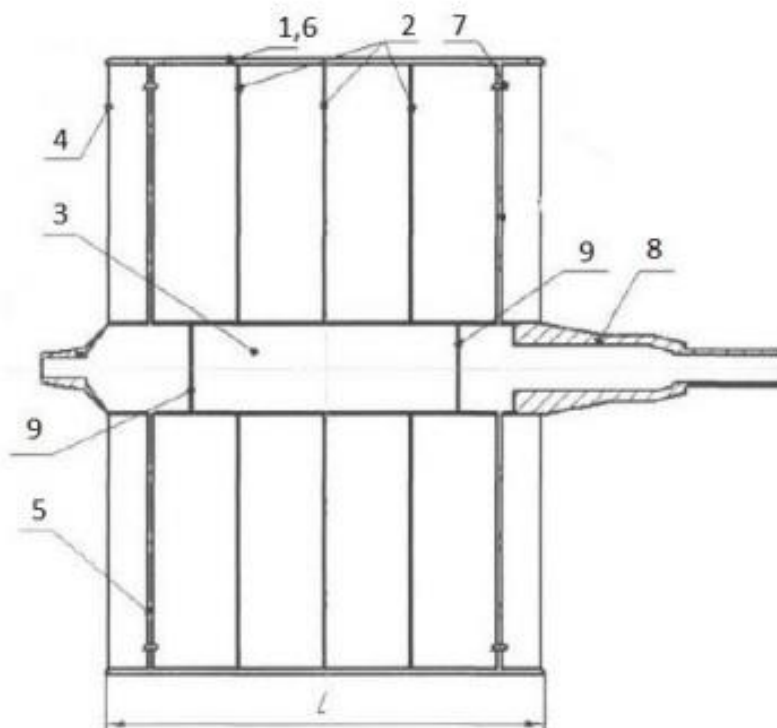
1,2 – сушильний циліндр, 3 – паперове полотно, 4,5 – верхнє і нижнє сукно, 13,14 – станини, 18 – шестерні сушильних циліндрів, 19 – паразитні шестерні, 20,21,22 – опорні стойки, 30 – переливні пристрої, 39,40 – з'ємні кришки.

Рисунок 3.5 – Сушильна частина

Сушильний циліндр № 101034 (UA) [3] (рис. 3.6), містить зовнішню оболонку, що складається з квадратних або трапецієвидних труб довжиною L. Труби укладені на опорні диски, що встановлені і закріплені на привідному валу. Порожнина циліндра між внутрішньою поверхнею зовнішньої оболонки і привідним валом закрита щитками, закріпленими до привідного валу і внутрішньої поверхні зовнішньої оболонки. Квадратні або трапецієвидні труби з'єднані з порожнинами цапф циліндричними трубами з компенсатором теплового подовження. Порожнини цапф привідного валу відокремлені від порожнини валу заглушками.

У циліндр, що обертається, подається через цапфу водяна пара під тиском від 1 до 30 бар. Пара по трубах потрапляє в труби зовнішньої оболонки, де відбувається її конденсація та інтенсивна передача теплоти через тонкі стінки труб зовнішньої оболонки до полотна паперу. Конденсат водяної пари, що утворюється в трубах зовнішньої оболонки, відводиться в порожнину цапфи, а і з цапфи в систему відводу конденсату. Суттєвими

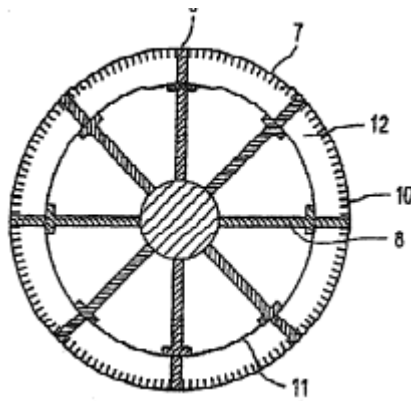
недоліками такої конструкції є складність виготовлення, висока вартість та металоємкість. Відцентрована сила не допустить відвід конденсату.



1 – оболонка; 2 – опорні диски; 3 – привідний вал; 4 – щитки; 5 – труби для подачі пари; 6 – квадратні труби; 7 – компенсатор теплового подовження; 8 – порожнини цапф; 9 – заглушки

Рисунок 3.6 – Схема сушильного циліндра

В патенті №2372434 (RU) [4] представлений сушильний циліндр для сушіння паперового, картонного, тонкого паперового або іншого волокнистого полотна (рисунок 3.7) в машині для виготовлення і/або поліпшення якості обробки такого полотна, з несучим тілом, і зовнішньою оболонкою, яка нагрівається гарячим теплоносієм. Між несучим тілом і зовнішньою оболонкою є, щонайменше, одна порожниста камера, через яку протікає текуче середовище, а зовнішня оболонка є максимально тонкою.

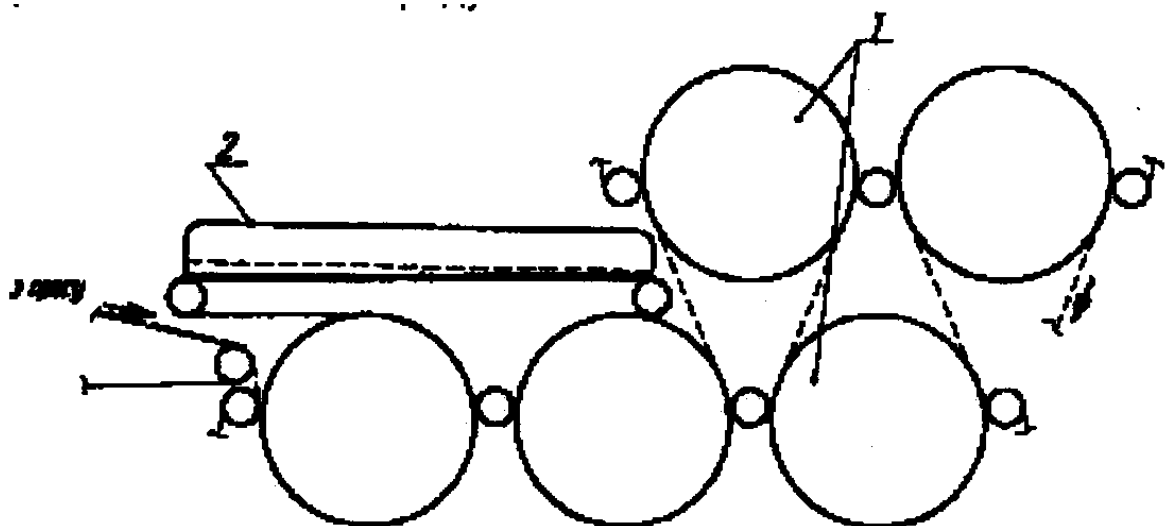


6 - з'єднувальні елементи, 7 - зовнішня оболонка, 8 - несуче тіло, 10 - ребра, 11 - внутрішня оболонка, 12 - порожнисті камери

Рисунок 3.7 – Сушильний циліндр

Очікуваний ефект – збільшення величини теплового потоку через зовнішню оболонку.

В патенті №35068 (UA) [5] представлена сушильна секція папероробної машини (рисунок 3.8) для сушіння паперу, що містить сушильні циліндри та інфрачервоний випромінювач. Інфрачервоний випромінювач встановлений під кутом до площини паперового полотна, відстань від поверхні паперового полотна до поверхні інфрачервоного випромінювача зменшується по ходу паперового полотна.



1 – сушильний циліндр, 2 – інфрачервоний випромінювач

Рисунок 3.8 – Сушильна секція

Очікуваний ефект – збільшення інтенсивності нагрівання полотна паперу.

В результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1. В розробленій сушильній частині не використано суттєвих ознак, якими відрізняються проаналізовані запатентовані конструкції;

2. Аналіз патентів дозволяє зробити висновок, що в галузі сушіння паперу основні розробки спрямовані на патентування технічних рішень, які стосуються вдосконалених конструкцій пристроїв для контактного сушіння матеріалів або нових схем компонування сушильних частин.

3. Останнім часом винахідницька активність промислово розвинених держав в галузі сушіння паперу залишається стабільною й навіть трохи зростає. Провідними державами в даному напрямку є: США, Німеччина, Великобританія, Японія, Україна й Російська Федерація. При цьому патентовані винаходи й корисні моделі стосуються як конструкцій сушильних частин в цілому, так і їх складових частин: сушильних циліндрів, пристроїв для інтенсифікації процесу сушіння.

4. Отримано патент № 138832 (UA) МПК(2006) D21F 5/00, D21F 5/02 на корисну модель Сушильний циліндр. Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М.– заявка № u201905631, 07.05.2019; Формула корисної моделі:

Циліндр сушильний, що містить циліндричну оболонку і кришки з цапфами, закріпленими до оболонки, який відрізняється тим, що зовнішня поверхня кришок, виконана у вигляді криволінійних впадин, заповнених мінеральною теплоізоляцією і закритих тонкостінними дисками, одягненими на цапфи та закріплених до торців оболонки валу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Розрахунок кількості сушильних циліндрів

Схема розрахунку зображена на рисунку 5.1

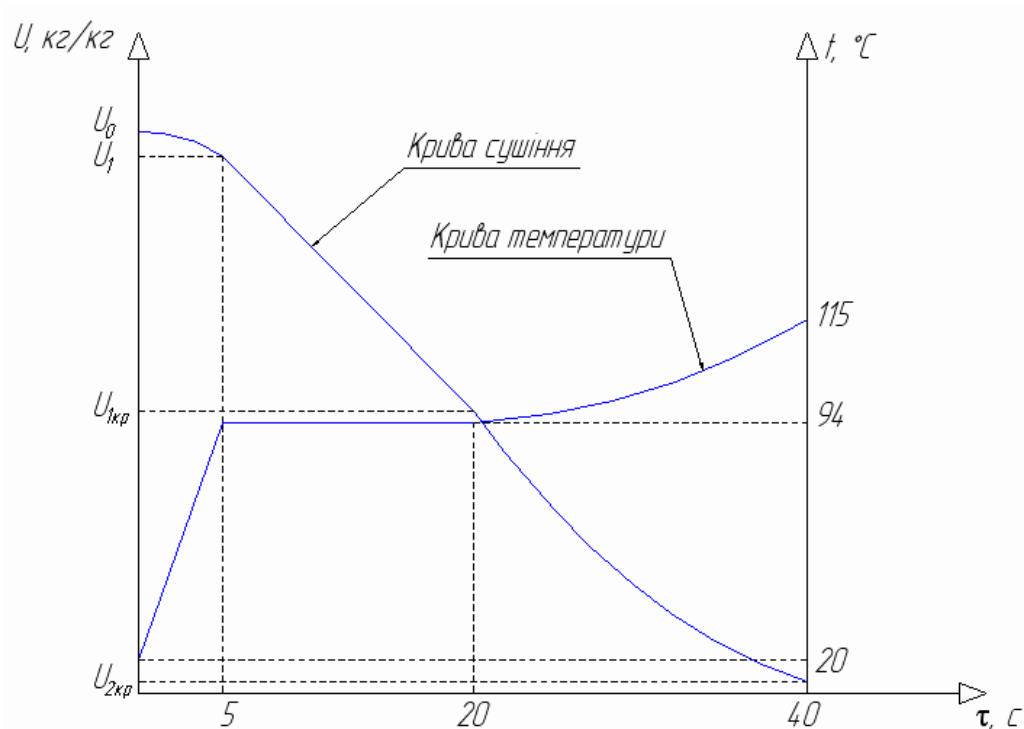


Рисунок 4.1 – Графічне зображення процесу сушіння паперового полотна

Мета: розрахувати загальну кількість сушильних циліндрів

Вихідні дані:

| | |
|--|-----------|
| Початкова сухість полотна $S_n, \%$ | 45; |
| Кінцева сухість полотна $S_k, \%$ | 96; |
| Швидкість машини $v, \text{м/с (м/хв.)}$ | 10 (600); |
| Маса 1 м^2 абсолютно сухого картону $g, \text{г/м}^2$ | 175; |
| Ширина картонного полотна $B, \text{м}$ | 4,25; |
| тиск пари в циліндрі $P, \text{МПа}$ | 0,5. |

Умови: діаметр сушильного циліндра 1500 мм

Розрахунок ведемо за методикою, що викладена в [7].

Продуктивність машини по абсолютно сухому картону, кг/год

$$G_{асп} = B \cdot V \cdot g \cdot (1 - W) = 4,25 \cdot 10 \cdot 0,175 \cdot 0,96 = 7,14 \text{ кг/с} = 25704 \text{ кг/год}$$

де B – ширина паперового полотна, $B=4,2$ м

v – швидкість машини, $v=10$ м/с.

q - маса 1 м² абсолютно сухого картону, $g=175$ г/м²

Вологовміст полотна:

Початковий вологовміст полотна:

$$u_0 = \frac{100 - S_{\Pi}}{S_{\Pi}} = \frac{100 - 45}{45} = 1,22 \text{ кг/кг}$$

де S_{Π} - сухість полотна початкова, $S_{\Pi}=45\%$

Вологовміст полотна в кінці періоду прогріву:

$$U_1 = U_0 - 0,1 \cdot U_0 = 1,22 \cdot 0,9 = 1,1 \text{ кг/кг}$$

Вологовміст полотна в кінці сушіння:

$$u_2 = \frac{1 - S_k}{S_k} = \frac{1 - 0,96}{0,96} = 0,042 \text{ кг/кг.}$$

де S_k - сухість полотна кінцева, $S_k=96\%$

Критичний вологовміст полотна:

$$u_{1кр} = 1,0 \text{ кг/кг} - \text{для картону [7]}$$

Площа активної поверхні основних сушильних циліндрів, діаметром D ,

товщиною стінки $\delta_{ст}$:

$$F_u = \pi D B \varphi_u = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 4,25 \cdot 0,67 = 13,4 \text{ м}^2,$$

де φ_u – доля обхвату циліндра полотном дорівнює, $\varphi_u=0,67$ [7].

Середня температура полотна:

В період прогріву:

$$\bar{t}_{np} = \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{20 + 94}{2} = 57^\circ \text{C}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де t_0 - температура полотна початкова, $t_0=20^\circ\text{C}$

t_1 – температура полотна на початку першого періоду, $t_1=94^\circ\text{C}$

В першому періоді;

$$\bar{t}_1 = \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{20 + 94}{2} = 57^\circ\text{C}$$

В другому періоді;

$$\bar{t}_2 = \frac{t_0 + t_{2\text{кр}}}{2} = \frac{20 + 115}{2} = 67,5^\circ\text{C}$$

При тиску $P = 0,6$ МПа температура насичення $\bar{t}_s = 159^\circ\text{C}$

Коефіцієнт теплопередачі, що враховує, нестационарність теплового режиму [7]

$$k = \frac{1 - \alpha_q}{\phi_{\text{ц}}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1 - \alpha_q}{\phi_{\text{ц}} \alpha_2}} = \frac{1 - 0,04}{0,67} \cdot \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{0,025}{0,05} + \frac{1 - 0,04}{0,67 \cdot 0,8}} = 0,563 \text{ кВт} / (\text{м}^2\text{K}) = 563 \text{ Вт} / (\text{м}^2\text{K}).$$

де α_q – частка тепла, що віддається бічною поверхнею циліндра повітрю, $\alpha_q=0,04 \text{ кВт}/\text{м}^2 \text{ K}$; [7]

α_1 – коефіцієнт теплообміну при конденсації пари на внутрішній поверхні циліндра для тихохідних та середньохідних машин, $\alpha_1 = 4 \text{ кВт}/\text{м}^2 \text{ K}$; [7]

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина стінки $\delta_{\text{ст}}=0,025 \text{ м}$; [7]

$\lambda_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопровідності чавуна, $\lambda_{\text{ст}}=0,05 \text{ кВт}/\text{м}^2 \text{ K}$; [7]

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні циліндра до паперу, $\alpha_2 = 0,8 \text{ кВт}/\text{м}^2 \text{ K}$. [7]

Питомий тепловий потік на активній поверхні нагрівання,

В період прогріву:

$$q_{\text{пр}} = k(t_s - \bar{t}_{\text{пр}}) = 563 \cdot (159 - 57) = 57426 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

В першому періоді:

$$q_1 = k(t_s - \bar{t}_1) = 563(159 - 94) = 36595 \text{ Вт/м}^2$$

В другому періоді:

$$q_2 = k(t_s - \bar{t}_2) \cdot z \cdot m_r = 563 \cdot (159 - 104) \cdot 0,38 \cdot 1,15 = 13531 \text{ Вт/м}^2$$

де z – коефіцієнт, що враховує збільшення питомих витрат тепла на випарювання вологи у другому періоді, $z = 0,38$; [7]

m_r – середній інтегральний коефіцієнт сушки у другому періоді, $m_r = 0,025 \text{ м}$; [7]

t_n – температура насичення пари, $t_n = 151,1^\circ \text{C}$;

p – тиск пари, $p = 0,5 \text{ МПа}$ [10].

Тепловий баланс:

Кількість теплоти, що сприймається полотном і сіткою

В період прогріву:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{асп}}}{\psi_{\text{пр}} 3600} \left[(C_{\text{п}} + u_1 \cdot C_{\text{в}})(t_1 - t_0) + (u_{\text{н}} - u_1) \bar{r}_0 \right] =$$
$$= \frac{25704}{1 \cdot 3600} \left[(1,46 + 1,1 \cdot 4,19) \cdot (94 - 20) + (1,22 - 1,1) \cdot 2365 \right] = 5233 \text{ кВт}$$

де ψ_I – коефіцієнт використання тепла в період прогріву, $\psi_I = 1$.

r_0 – питома теплота конденсації пара, $r_0 = 2365 \text{ кДж/кг}$ [10]

$C_{\text{п}}$ – питома теплоємність пара, $C_{\text{п}} = 1,46 \text{ кДж/(кгК)}$

$C_{\text{в}}$ – питома теплоємність води, $C_{\text{в}} = 4,19 \text{ кДж/(кгК)}$

В першому періоді:

$$Q_1 = \frac{G_{\text{асп}}}{\psi_1 3600} \left[(u_1 - u_{\text{кр}}) \bar{r}_1 \right] = \frac{25704}{0,9 \cdot 3600} \left[(1,1 - 1,0) 2275 \right] = 1804 \text{ кВт}$$

де ψ_I – коефіцієнт використання тепла в першому періоді, $\psi_I = 0,9$.

r_1 – питома теплота пароутворення, $r_1 = 2275 \text{ кДж/кг}$ [10]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

В другому періоді:

$$Q_2 = \frac{G_{\text{асп}}}{\psi_2 \cdot 3600} \left[(C_{\text{п}} + u_2 \cdot C_{\text{в}}) (t_2 - t_{\text{1кр}}) + (u_{\text{1кр}} - u_{\text{2кр}}) \bar{r}_2 \right] =$$

$$= \frac{1 \cdot 25704}{0,8 \cdot 3600} \left[(1,46 + 0,042 \cdot 4,19) \cdot (104 - 94) + (1,0 - 0,042) \cdot 2250 \right] = 19383 \text{ кВт}$$

де ψ_2 – коефіцієнт використання тепла в другому періоді, $\psi_1=0,8$.

r_2 – питома теплота пароутворення, $r_1=2250$ кДж/кг [10]

Ентальпія пари конденсату обирається за таблицями, наведеними в [10], в залежності від абсолютного тиску в кожному з періодів сушіння:

$i_{\text{п пр}} = 2748$ кДж (відповідає тиску $p_{s0} = 0,5$ МПа);

$i_{\text{к пр}} = 637$ кДж (відповідає тиску $p_{s0} = 0,5$ МПа);

Витрати пари:

– в періоді прогріву:

$$G_{\text{п пр}} = \frac{3600 Q_{\text{пр}}}{i_{\text{п пр}} - i_{\text{к пр}}} = \frac{3600 \cdot 5233 \cdot 10^3}{2748 \cdot 10^3 - 637 \cdot 10^3} = 8924 \text{ кг/год} = 2,47 \text{ кг/с};$$

– в першому періоді сушіння:

$$G_{\text{п 1}} = \frac{3600 Q_1}{i_{\text{п 1}} - i_{\text{к 1}}} = \frac{3600 \cdot 1804 \cdot 10^3}{2748 \cdot 10^3 - 637 \cdot 10^3} = 3076 \text{ кг/год} = 0,86 \text{ кг/с};$$

– в другому періоді сушіння:

$$G_{\text{п 2}} = \frac{3600 Q_2}{i_{\text{п 2}} - i_{\text{к 2}}} = \frac{3600 \cdot 19383 \cdot 10^3}{2748 \cdot 10^3 - 637 \cdot 10^3} = 33054 \text{ кг/год} = 9,18 \text{ кг/с}.$$

Питомий об'єм пари і конденсату обирається за таблицями, наведеними в [2], в залежності від абсолютного тиску в кожному з періодів сушіння:

$V_p'' = 0,38 \text{ м}^3/\text{кг}$ (відповідає тиску $p_{s0} = 0,5$ МПа);

Об'ємні витрати пару:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– в періоді прогріву:

$$G_{\text{ппр}} = G_{\text{ппр}} V_p'' = 2,47 \cdot 0,38 = 0,93 \text{ м}^3/\text{с};$$

– в першому періоді сушіння:

$$G_{\text{п1}} = G_{\text{п1}} V_p'' = 0,86 \cdot 0,38 = 0,32 \text{ м}^3/\text{с};$$

– в другому періоді сушіння:

$$G_{\text{п2}} = G_{\text{п2}} V_p'' = 8,07 \cdot 0,47 = 3,48 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необхідне число циліндрів по періодам сушіння, шт:

а) в період прогріву:

$$n_{\text{ппр}} = \frac{Q_{\text{ппр}}}{\bar{q}_{\text{ппр}} F_{\text{ц}}} = \frac{5233 \cdot 10^3}{57426 \cdot 13.4} = 6,8 \approx 7 \text{ шт}$$

б) в першому періоді:

$$n_1 = \frac{Q_1}{\bar{q}_1 F_{\text{ц}}} = \frac{1804 \cdot 10^3}{36595 \cdot 13.4} = 3,67 \approx 4 \text{ шт}$$

в) в другому періоді:

$$n_2 = \frac{Q_2}{\bar{q}_2 F_{\text{ц}}} = \frac{19383 \cdot 10^3}{13531 \cdot 13.4} \approx 107 \text{ шт}$$

Сумарна кількість циліндрів $n = n_{\text{ппр}} + n_1 + n_2 = 7 + 4 + 107 = 118 \text{ шт}$

Висновок: загальна кількість циліндрів, яка потрібна на сушіння картону за даними початкової та кінцевої сухості, складає 118 шт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2 Розрахунок основних елементів циліндру

4.2.1 Розрахунок корпусу циліндра

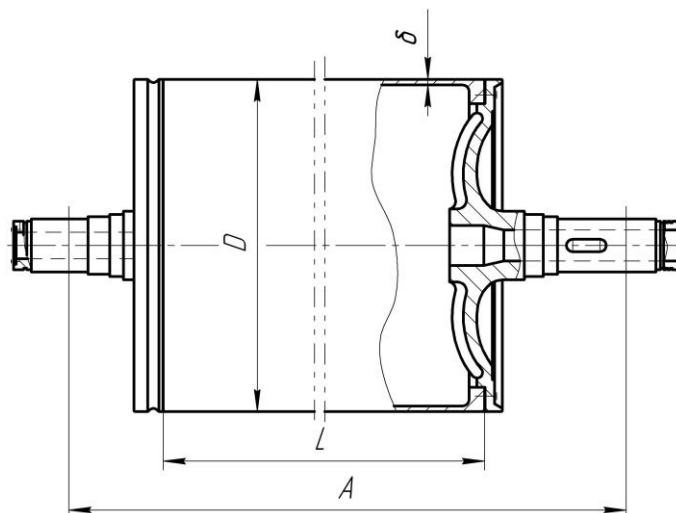


Рисунок 4.2 – Сушильний циліндр

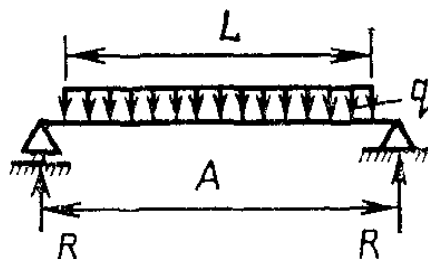


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема

Метою даного розрахунку є перевірка корпусу сушильного циліндра на міцність.

Вихідні дані:

| | |
|---|-------|
| Діаметр циліндру D , м | 1,5; |
| Маса циліндру G , кг | 6850; |
| Довжина робочої частини циліндра L , м | 5,29; |
| Відстань між центрами підшипників A , м | 6,23; |
| Тиск пару в циліндрі p , МПа | 0.5; |
| Умови: Натягіння сітки S , Н/м | 3500; |

| | |
|--|-------|
| Питома вага води γ , Н/м ³ | 9810; |
| Мінімальний допустимий запас міцності, $[n]$ [2] | 9. |

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [7].

Навантаження від сили тяжіння циліндра,:

$$q_{\text{ц}} = \frac{G \cdot g}{L} = \frac{6850 \cdot 9,81}{4,7} = 14297 \text{ Н/м}$$

де g – прискорення вільного падіння, $g=9,8$ м/с.

Навантаження від натягу сітки:

$$q_{\text{н}} = \frac{2SL}{L} = \frac{2 \cdot 3500 \cdot 4,7}{4,7} = 7000 \text{ Н/м}$$

Навантаження від сили тяжіння конденсату, Н/м :

$$q_{\text{к}} = \frac{V_{\text{ц}} \gamma}{L} = 0,5 \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2 \gamma = 0,5 \frac{3,14}{4} (1,5 - 2 \cdot 0,025)^2 9,81 \cdot 10^3 = 8095 \text{ Н/м}$$

Сумарне навантаження, розподілене по довжині бочки циліндра:

$$q = q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_{\text{к}} = 14297 + 7000 + 8095 = 29392 \text{ Н/м}$$

Реакція в опорах:

$$R \cong \frac{qL}{2} = \frac{29392 \cdot 4,7}{2} = 69071 \text{ Н}$$

Розрахунок корпусу циліндра:

Найбільший згинаючий момент:

$$M = R \frac{A}{2} - \frac{qL^2}{8} = 69071 \frac{5,77}{2} - \frac{29392 \cdot 4,7^2}{8} = 118111 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору цапфи, м³:

$$W = 0,1D^3 \left(1 - \left(1 - \frac{2\delta}{D}\right)^4\right) = 0,1 \cdot 1,5^3 \left(1 - \left(1 - \frac{2 \cdot 0,025}{1,5}\right)^4\right) = 42,79 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Найбільша напруга згину, МПа:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M}{W} = \frac{92413}{0,04279} = 2159688 \text{ Па} = 2,76 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напруга по колу, створювана тиском:

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{p(D - 2\delta)}{2\delta} = \frac{0,5 \cdot 10^5 (1,5 - 2 \cdot 0,025)}{2 \cdot 0,025} = 14,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напруга по колу, створювана відцентровою силою:

$$\sigma_{\phi 2} = \rho v^2 \frac{1}{3600} = 7200 \cdot 600^2 \frac{1}{3600} = 0,72 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де ρ – густина чавуну, $\rho = 7200 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість машини, $v = 10 \text{ м/с}$.

Загальна напруга по колу циліндра:

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} = 14,5 \cdot 10^6 + 0,72 \cdot 10^6 = 15,22 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Осьове напруження в корпусі, створюване тиском :

$$\sigma_{z\text{р}} = \frac{p(D - 2\delta)^2}{4(D - \delta)\delta} = \frac{0,49(1,5 - 2 \cdot 0,025)^2}{4(1,5 - 0,025)0,025} = 6,98 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Найбільша сумарна осьова напруга в корпусі, МПа:

$$\sigma_z = \sigma_{\text{и}} + \sigma_{z\text{р}} = 2,76 + 6,98 = 9,74 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Розрахункову напругу приймаємо найбільшу з двох величин σ_{ϕ} та σ_z ,
 $\sigma_{\text{расч}} = 13,35 \text{ МПа}.$

Запас міцності не менше 9 для машин з обрізною шириною до 4200 мм :

$$n = \frac{\sigma_{\text{В}}}{\sigma_{\text{расч}}} = \frac{140}{13,35} = 10,48 > 9$$

де $\sigma_{\text{В}}$ – границя міцності, $\sigma_{\text{В}} = 140 \text{ МПа}$ [7]

Висновок: умова міцності корпусу сушильного циліндра виконується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2.2 Розрахунок кришки циліндра

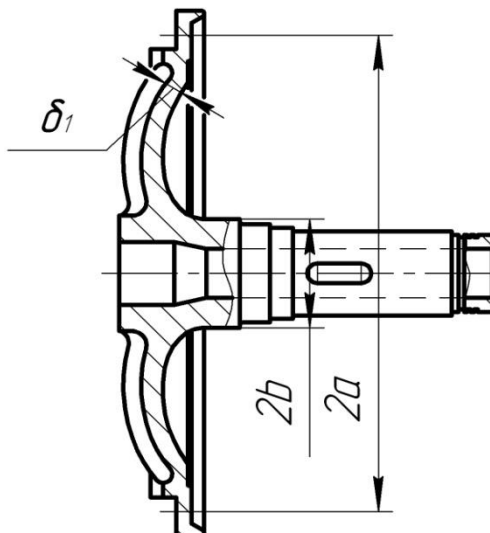


Рисунок 4.3 - Кришка сушального циліндра



Рисунок 4.5 – Зусилля, що діють на кришку

Мета : підтвердження умови міцності кришки сушального циліндру

Вихідні дані:

Радіус кришки по колу болтів a , м 0,68;

Радіус отвору в кришці b , м 0,2;

Тиск в циліндрі p , МПа 0,5;

Умови :

Товщина кришки δ_1 , м 0,06;

Мінімальний допустимий запас міцності, $[n]$ 7

Схема розрахунку зображена на рисунку 4.3 та 4.4



Рисунок 4.4 – Зусилля що діють на кришку

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЛН82мп.705315.001 ПЗ

Арк.

37

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [7].

Найбільша напруга в кришці від тиску пари в циліндрі :

$$\sigma_p = \frac{3p}{4\delta_1} \left((a^2 + b^2) - \frac{4a^2b^2}{a^2 + b^2} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \right) =$$

$$= \frac{3 \cdot 0,5}{4 \cdot 0,06} ((0,68^2 + 0,2^2) - \frac{4 \cdot 0,68^2 \cdot 0,2^2}{0,68^2 + 0,2^2} \ln\left(\frac{0,68}{0,2}\right)) = 2,97 \text{ МПа}$$

Найбільша напруга в кришці від згинаючого моменту :

$$\sigma_M = \frac{3M}{4\pi\delta_1 b} \left(1 + \frac{m+1}{m} \ln \frac{2(0,45a-b)}{0,45ka} \right) = \frac{3 \cdot 43816}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 0,2} \times$$

$$\times \left(1 + \frac{3,333+1}{3,333} \ln \frac{2(0,45 \cdot 0,68 - 0,2)}{0,45 \cdot 0,303 \cdot 0,68} \right) = 1809813 \text{ Па} = 1,809 \text{ МПа}$$

де

$$k = \frac{0,1a^2}{(b + 0,28a)^2} = \frac{0,1 \cdot 0,68^2}{(0,2 + 0,28 \cdot 0,68)^2} = 0,303 \text{ м}$$

$$M = RL_2 = 54095 \cdot 0,81 = 43816 \text{ Н·м}$$

де m - величина, зворотна коефіцієнту Пуассона, $m = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,3} = 3,333$

Сумарне напруження, МПа :

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_M = 2,97 + 1,809 = 4,77 \text{ МПа}$$

Запас міцності не менш 7 для машин з обрізною шириною до 4200 мм :

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{65}{8,45} = 13,6 > 7$$

де σ_B - границя міцності, $\sigma_B = 65 \text{ МПа}$;

Висновок : Кришка витримує навантаження і може бути використана.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.2.3 Розрахунок болтів

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.5

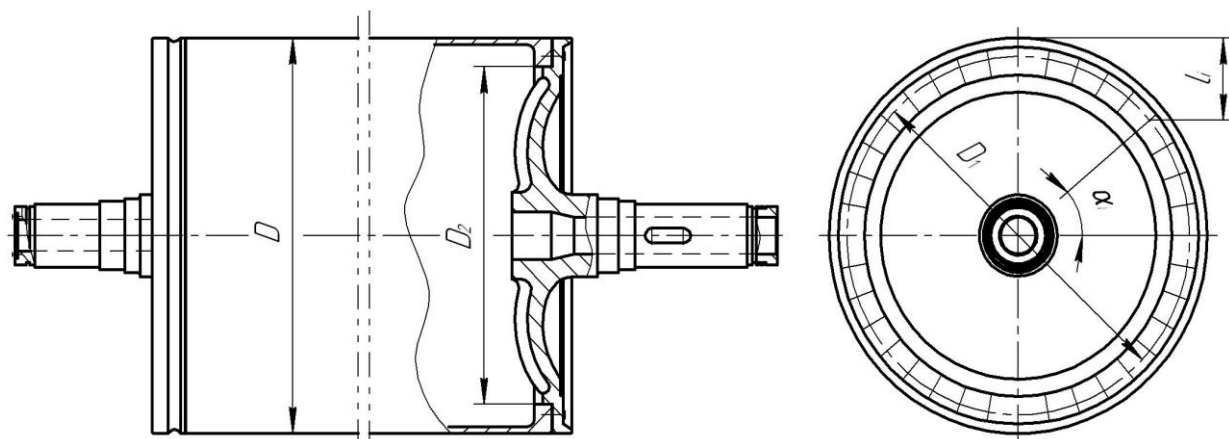


Рисунок 4.5 – Розміщення болтів

Метою даного розрахунку є перевірка міцності болтів, що з'єднують корпус циліндра сушильного із кришками.

Вихідні дані:

| | |
|--|----------------|
| Зовнішній діаметр циліндра D , м | 1.5 |
| Діаметр болтового кола D_1 , м | 1.36 |
| Зовнішній діаметр болта d_6 , м | 0.03 |
| Надлишковий тиск пари p , Па | $5 \cdot 10^5$ |
| Діаметр кришки циліндра, що безпосередньо піддається впливу внутрішнього тиску D_2 , м | 1.28 |
| Кількість болтів N_6 , шт | 36 |
| Кут розміщення болтів α , град | 10 |
| Згинальний момент, що діє на кришку M , Н·м | 43816 |
| Мінімальний допустимий запас міцності за амплітудою $[n_a]$ | 4 |
| Мінімальний допустимий запас міцності за максимальними напруженнями $[n]_6$ | 2.5 |
| Коефіцієнт основного навантаження χ | 0.3 |

| | |
|---|------------------|
| Коефіцієнт запасу проти розкриття стику $k_{ст}$ | 4 |
| Ефективний коефіцієнт концентрації напружень k_{σ} | 0.85 |
| Умови розрахунку: | |
| Матеріал болтів | сталь 45 |
| Допустиме напруження матеріалу болтів σ_{16} , Па | $270 \cdot 10^6$ |
| Границя плинності матеріалу болтів σ_T , Па | $450 \cdot 10^6$ |

Розрахунок проводиться згідно з методикою, викладеною в [7].

Площа поперечного перетину болта:

$$F_{\sigma} = \frac{\pi \cdot d_{\sigma}^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.03^2}{4} = 7.07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Відстань від осей болтів до верхньої кромки циліндра:

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_1) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 90^\circ) = 0.07 \text{ м}, \\ l_2 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_2) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 80^\circ) = 0.08 \text{ м}, \\ l_3 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_3) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 70^\circ) = 0.12 \text{ м}, \\ l_4 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_4) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 60^\circ) = 0.16 \text{ м}, \\ l_5 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_5) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 50^\circ) = 0.22 \text{ м}, \\ l_6 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_6) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 40^\circ) = 0.31 \text{ м}, \\ l_7 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_7) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 30^\circ) = 0.41 \text{ м}, \\ l_8 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_8) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 20^\circ) = 0.52 \text{ м}, \\ l_9 &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_9) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 10^\circ) = 0.63 \text{ м}, \\ l_{10} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{10}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin 0^\circ) = 0.75 \text{ м}, \\ l_{11} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{11}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-10^\circ)) = 0.86 \text{ м}, \\ l_{12} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{12}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-20^\circ)) = 0.98 \text{ м}, \\ l_{13} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{13}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-30^\circ)) = 1.09 \text{ м}, \\ l_{14} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{14}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-40^\circ)) = 1.18 \text{ м}, \\ l_{15} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{15}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-50^\circ)) = 1.27 \text{ м}, \\ l_{16} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{16}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-60^\circ)) = 1.33 \text{ м}, \\ l_{17} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{17}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-70^\circ)) = 1.38 \text{ м}, \\ l_{18} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{18}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-80^\circ)) = 1.41 \text{ м}, \\ l_{19} &= 0.5 \cdot (D - D_1 \cdot \sin \alpha_{19}) = 0.5 \cdot (1.5 - 1.36 \cdot \sin(-90^\circ)) = 1.43 \text{ м}, \end{aligned}$$

Відстань від осі найбільш навантаженого болта до верхньої кромки циліндра:

$$l_{\max} = l_{19} = 1.43 \text{ м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Зусилля розтягу найбільш навантаженого болта від моменту M ,

H :

$$P_M = \frac{M \cdot l_{\max}}{\sum_{i=1}^{19} l_i^2} = \frac{43816 \cdot 1.43}{14,2} = 4412 \text{ Н},$$

де l_i – відстані від осей болтів до верхньої кромки циліндра, $l_i = 14,2$ м.

Зусилля розтягу болта від тиску p :

$$P_p = \frac{\pi \cdot D_2^2 \cdot p}{4 \cdot N_\sigma} = \frac{3.14 \cdot 1.28^2 \cdot 5 \cdot 10^5}{4 \cdot 36} = 17863 \text{ Н}.$$

Сумарне зусилля розтягу, що діє на найбільш навантажений болт:

$$P = P_M + P_p = 4412 + 17863 = 22275 \text{ Н}.$$

Амплітуда змінних напружень:

$$\sigma_a = \frac{\chi \cdot P_M}{2 \cdot F_\sigma} = \frac{0.3 \cdot 4412}{2 \cdot 7.07 \cdot 10^{-4}} = 0,93 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Найбільше напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{1.3 \cdot k_{\text{ст}} \cdot (1 - \chi) \cdot P + \chi \cdot P_M}{F_\sigma} = \\ &= \frac{1.3 \cdot 4 \cdot (1 - 0.3) \cdot 22275 + 0.3 \cdot 4412}{7.07 \cdot 10^{-4}} = 116,5 \cdot 10^6 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Границя витривалості болта:

$$\sigma_{-1k} = \frac{\sigma_{-1\sigma}}{k_\sigma} = \frac{270 \cdot 10^6}{0.85} = 317.65 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Запас міцності за амплітудою:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1k}}{\sigma_a} = \frac{317.65 \cdot 10^6}{0,93 \cdot 10^6} = 341,5$$

Умова міцності за амплітудою:

$$n_a \geq [n_a]$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

В даному випадку маємо:

$$341,5 > 4$$

тобто умова міцності болтів за амплітудою виконується.

Запас міцності за максимальними напруженнями:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} = \frac{450 \cdot 10^6}{116,5 \cdot 10^6} = 3,86.$$

Умова міцності за максимальними напруженнями:

$$n_{\sigma} \geq [n]_{\sigma},$$

В даному випадку маємо:

$$3,86 > 2,5$$

тобто умова міцності болтів за максимальними напруженнями виконується.

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що міцність болтів, що з'єднують корпус сушильного циліндра із кришками, забезпечена.

4.2.4 Розрахунок цапф циліндра

Схема розрахунку зображена на рисунку 4.5

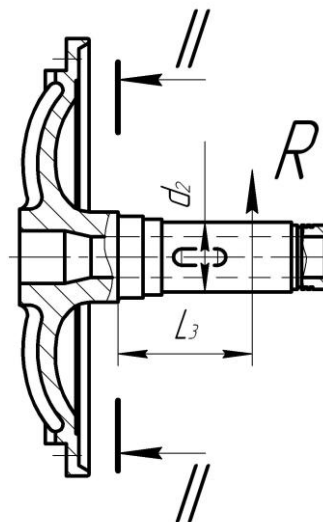


Рисунок 4.6 – Цапфа сушильного циліндра

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

Мета : перевірити цапфи на міцність

Вихідні данні :

Діаметр цапфи d , м 0,26

Відстань від опори до небезпечного перерізу II-II L_3 , м, 0,51

Товщина стінки цапфи δ_c , м 0,05

Умови : Границя витривалості матеріалу цапфи при симетричному циклі вигину, МПа: $\sigma_{-1} = 0,43\sigma_B = 0,26 \cdot 340 = 88,4$ МПа [7].

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [7].

Момент опору цапфи вала, м³:

$$W = 0,1d^3 \left(1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right) = 0,1 \cdot 0,26^3 \left(1 - \left(\frac{0,16}{0,26} \right)^4 \right) = 0,001505 \text{ м}^3$$

Згинаючий момент :

$$M_u = R \cdot L_3 = 54095 \cdot 0,51 = 27588 \text{ Нм}$$

Напруга при вигині [7]

$$\sigma_n = \frac{M_n}{W} = \frac{27588}{0,001505} = 15330897 \text{ Па} = 15,33 \text{ МПа}$$

Запас міцності не менш 5 для машин з обрізною шириною до 4200 мм :

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_u} = \frac{88,4}{15,33} = 5,7 > 5$$

Висновок : отриманий запас міцності дозволяє експлуатацію цапф приданих умовах.

4.3 Вибір та розрахунок підшипників

Схема розрахунку наведена на рисунку 4.6.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

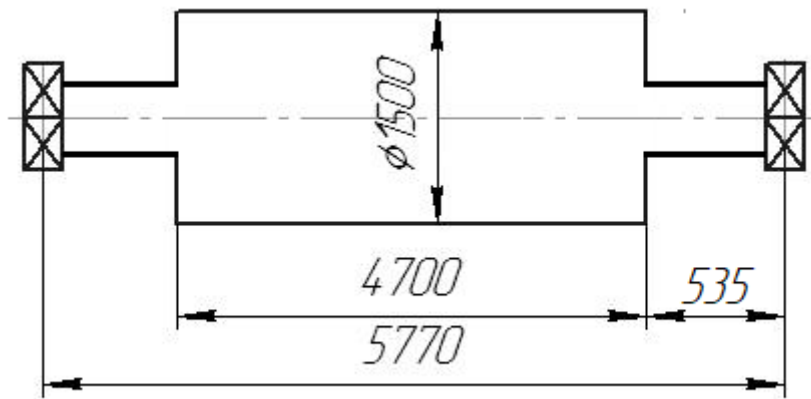


Рисунок 4.6 – Схема розташування підшипників

Мета: вибір підшипників та забезпечення необхідної довговічності підшипників.

Вихідні дані:

| | |
|--|--------|
| Загальна сила тяжіння циліндра G , Н | 68500; |
| Діаметр циліндра D , м | 1,5 |
| Довжина бочки циліндра L , м | 4,7 |

Розрахунок ведемо за методикою викладено в [9].

Вибираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники типу 3003152 з такими характеристиками: $d = 260\text{мм}$, $D = 400\text{мм}$, $B = 104\text{мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 6810000\text{Н}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 9560000\text{Н}$ [11].

Навантаження від сили тяжіння циліндра:

$$q_{\text{ц}} = \frac{G}{L} = \frac{68500}{4,7} = 1457 \text{ Н/м}$$

Навантаження від сили тяжіння конденсату:

$$q_{\kappa} = 0,5 \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2 \gamma = 0,5 \cdot \frac{\pi}{4} (1,5 - 2 \cdot 0,025)^2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 8605 \text{ Н/м}$$

де γ - питома вага води, $\gamma = 9,81 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$

Сумарне навантаження, розподілене по довжині бочки циліндра:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

$$q = q_u + q_k = 1457 + 8605 = 10062 \text{ Н/м}$$

Приведена сила:

$$Q = qA = 10062 \cdot 5,77 = 58057 \text{ Н}$$

де A – відстань між підшипниками, $A=5,77\text{м}$.

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{np} = \frac{Q}{2} (Xk_k + 0,1Y)k_Tk_\delta = \frac{58057}{2} (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1) \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 42149 \text{ Н}$$

де X - коефіцієнт радіального навантаження, $X=1$;

Y - коефіцієнт осьового навантаження, $Y=1$;

k_k - коефіцієнт обертання, $k_k=1$;

k_T - температурний коефіцієнт, $k_T=1,1$;

k_δ - коефіцієнт безпеки, $k_\delta=1,2$.

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{np}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{6810000}{42149} \right)^{\frac{10}{3}} = 10556 \text{ млн. обертів}$$

Довговічність, год.:

$$L_h = \frac{L^0 \cdot 10^6}{60n_p} = \frac{10556 \cdot 10^6}{60 \cdot 89,1} = 192000 \text{ год.} > [L_h] = 120000 \text{ год}$$

Частота обертання сушильного циліндра:

$$n_p = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{600}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} = 127,3 \text{ об/хв} = 2,12 \text{ об/ об/с}$$

Довговічність підшипника забезпечена.

Висновок: отже, остаточно обираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники типу 3003152 з такими характеристиками: $d = 260\text{мм}$, $D = 400\text{мм}$, $B = 104\text{мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 6810000\text{Н}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 9560000\text{Н}$ [11].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.4 Визначення потужності приводу

Схема приводу наведена на рисунку 4.7.

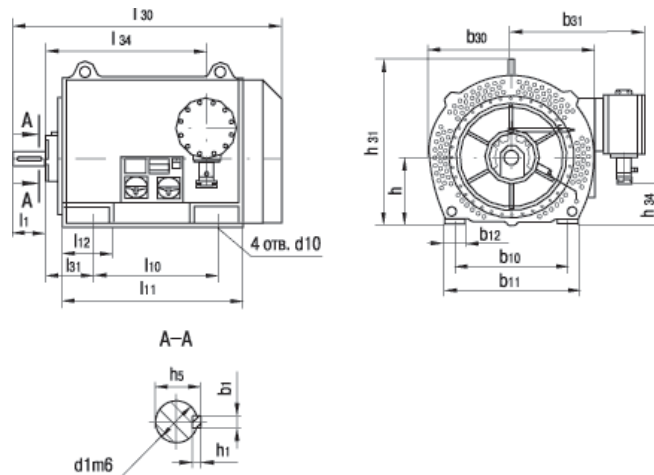


Рисунок 4.7 – Схема електродвигуна

Мета : визначити потужність електродвигуна приводної групи та сушильної частини в цілому.

Вихідні данні:

Лінійний тиск шабера $q_{\text{л}}$, Н/м 200;

Швидкість машини V , м/хв 600;

ККД η 0,87

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [9].

Визначаємо потужність сушильної групи по такій формулі:

$$N = \frac{\sum T_i \cdot V \cdot K_m \cdot K_v}{\eta \cdot 60 \cdot 1000}; \text{ кВт}$$

де $\sum T_i$ – сума тягових зусиль, Н;

Тягове зусилля для здолення тертя в підшипниках циліндра:

$$T_1 = G \cdot g \cdot f \cdot \frac{d_y}{D} = 6850 \cdot 9,81 \cdot 0,07 \cdot \frac{0,26}{1,5} = 815 \text{ Н}$$

де f – коефіцієнт тертя для роликового підшипника, $f=0,07$;

d_y – діаметр цапфи, $d_y=0,26$ м.

Тягове зусилля для здолення тертя шабера об поверхню вала, Н

$$T_{ш} = q_{л} \cdot B \cdot f_{ш} = 200 \cdot 4,2 \cdot 0,3 = 252 \text{ Н}$$

B – ширина полотна, $B=4,2$ м;

f – коефіцієнт тертя для шабера, $f=0,3$.

Зусилля в торцевому ущільненні :

$$Q = \frac{\pi(d_z^2 - d_{вн}^2)P}{4} 1,2 = \frac{3,1415(0,32^2 - 0,24^2)0,5 \cdot 10^6}{4} 1,2 = 13571,68 \text{ Н}$$

де d_z – зовнішній діаметр шайби, $d_z=0,32$ м;

$d_{вн}$ – внутрішній діаметр кільця, $d_{вн}=0,24$ м.

Тягове зусилля для здолавання тертя в торцевому ущільненні:

$$T_{торц} = Q \cdot f_{торц} \cdot \frac{d_z}{D} = 13571 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,32}{1,5} = 290 \text{ Н}$$

де $f_{торц}$ - коефіцієнт тертя для ущільнення, $f_{торц}=0,1$

Сумарне тягове зусилля для одного циліндра,:

$$T_{ц} = T_1 + T_{ш} + T_{торц} = 815 + 252 + 290 = 1357 \text{ Н}$$

Далі визначення суми тягових зусиль:

$$\Sigma T_i = n \cdot T_{ц} = 12 \cdot 1,3 = 15,6 \text{ кН.}$$

де n – кількість сушильних циліндрів в групі, $n=12$.

Сума тягових зусиль з урахуванням загального ККД привода сушильної групи

$$T_{\Sigma} = \Sigma T_i / \eta = 15,6 / 0,87 = 17,93 \text{ кН}$$

Необхідна потужність, кВт :

$$N_c = \frac{T_{\Sigma} \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{60 \cdot 1000} = \frac{17,93 \cdot 10 \cdot 1,04 \cdot 1,25}{1000} = 2,27 \text{ кВт}$$

де K_v – коефіцієнт впливу швидкості на коефіцієнт тертя, $K_v=1,04$

K_m – коефіцієнт тимчасового перевантаження, $K_m=1,25$

Потужність двигуна з урахуванням коефіцієнту корисної дії

$$N_{дв} = \frac{N_c}{\eta} = \frac{2,27}{0,87} = 2,61 \text{ кВт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Потужність двигуна з урахуванням пускового коефіцієнту:

$$N_i = \frac{2N_c}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 179,3}{0,87} = 267 \text{ кВт}$$

Вибір типу двигуна : обираємо ВАО2-450-315-4 потужністю 315 кВт,
n=1500 об/хв. (рис.4.7)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.5 Розрахунок паровпускної головки

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.8.

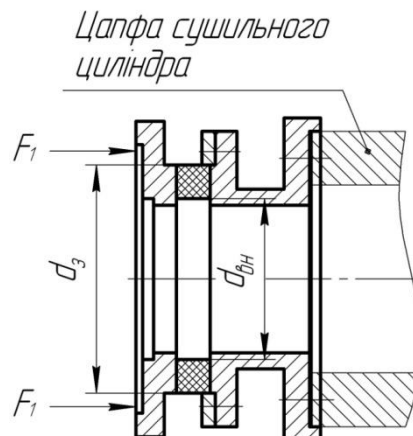


Рисунок 4.8 – Схема розміщення графітового ущільнення паровпускної головки

Метою даного розрахунку є визначення зусилля, з яким пружини паровпускної головки повинні притискати ущільнююче графітове кільце для забезпечення герметичності стику, а також подальший вибір цих пружин.

Вихідні дані:

Максимальний тиск пари, що подається

в сушильні циліндри p , Па 5·10⁵

Зовнішній діаметр ущільнюючого графітового

кільця d_3 , м 0,17

Внутрішній діаметр ущільнюючого графітового

кільця $d_{вн}$, м 0,12

Кількість пружин в конструкції головки N , шт 6

Розрахункове осьове зусилля, яке необхідно прикласти до ущільнюючого кільця для забезпечення герметичності стику:

$$F_p = 1.2 \cdot \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_{вн}^2) \cdot p}{4} = 1.2 \cdot \frac{3.14 \cdot (0.17^2 - 0.12^2) \cdot 5 \cdot 10^5}{4} = 6829,5 \text{ Н.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахункова сила, яка повинна створюватись однією пружиною:

$$F_{1p} = \frac{F_p}{N} = \frac{6829.5}{6} = 1138,5 \text{ Н.}$$

На основі вищенаведеного розрахунку, враховуючи конструктивні особливості паровпускної головки, за [16] обираємо для даних умов гвинтові пружини стиснення класу III, розряду 2 за ГОСТ 13775-86 із дроту за ГОСТ 14963-78. Основні параметри пропонованих пружин наступні: сила при максимальній деформації $F_1 = 1320 \text{ Н}$, зовнішній діаметр пружини 32 мм, діаметр дроту 4.5 мм.

Фактичне зусилля, що прикладається до ущільнюючого кільця при вищенаведених параметрах пружин:

$$F = F_1 \cdot N = 1320 \cdot 6 = 7920 \text{ Н.}$$

Висновок: в результаті даного розрахунку для паровпускної головки обрано шість гвинтових пружин стиснення класу III, розряду 2 за

ГОСТ 13775-86, що створюють при максимальній деформації силу 1320 Н кожна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.7 Розрахунок шабера

Метою даного розрахунку є визначення лінійного тиску шабера на вал та визначення тиску повітря в камері.

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [2].

Визначимо тиск елементів шаберу на вал, та зведемо дані до таблиці 4.3.1.

Таблиця 4.3.1 – Таблиця визначення обертаючого моменту

| Назва елемента | Сила тяжіння елемента шабера, Н | Відстань від осі обертання шаберу до лінії дії елементів шаберу, м | Обертаючий момент, Нм |
|----------------|---------------------------------|--|-----------------------|
| Лезо | 285 | 0,27 | 77 |
| Корпус шаберу | 982 | 0,11 | 108 |
| Тримач | 607 | 0,14 | 85 |

Сумарний обертаючий момент від сил тяжіння:

$$\sum M = M_1 + M_2 + M_3 = 77 + 108 + 85 = 270 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Зусилля тиску шабера на вал:

$$N = \frac{\sum M}{H} = \frac{270}{0,3} = 900 \text{ Н},$$

де H – відстань від центра ваги шабера до точки дотику шаберу до валу.

Лінійний тиск шаберу на вал:

$$q = \frac{N}{L} = \frac{900}{4,5} = 200 \text{ Н/м},$$

де L – довжина лінії контакту шабера і вала, м.

Механізм руху шаберу при своїй роботі переборює зусилля тертя шабера по циліндру. Зусилля тертя у підшипниках зневажаємо.

Сила тертя шаберу по валу:

$$F_{\text{тр}} = Nf = 900 \cdot 0,3 = 270 \text{ Н},$$

де $f = 0,3$ – коефіцієнт тертя шаберу по циліндру.

Тиск повітря в камері:

$$P = \frac{F_{\text{тр}}}{0,2(D + d)^2} = \frac{270}{0,2(0,15 - 0,11)^2} = 19970 \text{ Н/м}^2.$$

Висновок: лінійний тиск шабера на вал складає 200 Н/м. Тиск повітря в камері – 19970 Н/м².

4.7 Розрахунок автоматичної сітконатяжки

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.9.

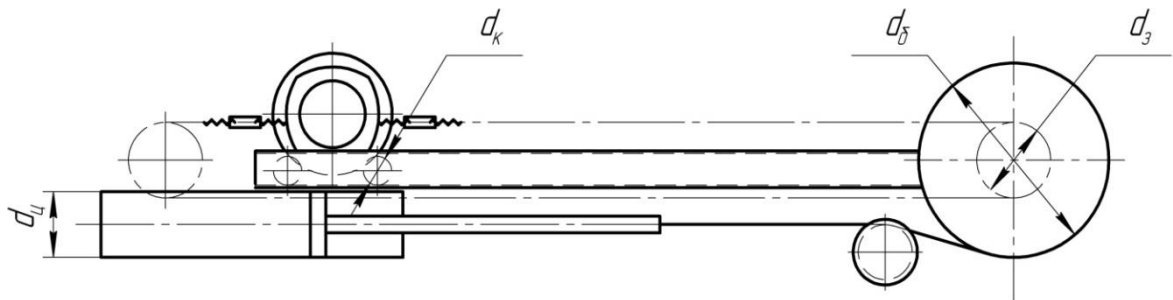


Рисунок 4.9 – Схема автоматичної сітконатяжки

Метою даного розрахунку є визначення тиску в пневмоциліндрі, необхідного для переміщення кареток з натяжним валом, а також зусилля робітника, необхідне для початкового натягування сітки вручну.

Вихідні дані:

| | |
|---|-------|
| Натяг сітки S , Н/м | 3500 |
| Ширина сітки B_c , м | 4,2 |
| Маса натяжного валу m_b , кг | 1500 |
| Діаметр колеса каретки d_k , м | 0,115 |
| Діаметр початкового кола зірочки d_z , м | 0,288 |
| Діаметр барабану d_b , м | 0,74 |
| Діаметр робочої порожнини пневмоциліндра $d_{\text{ц}}$, м | 0,25 |

| | |
|--|-------|
| Діаметр штока пневмоциліндра $d_{ш}$, м | 0,063 |
| Передатне число редуктора i | 549 |
| Діаметр маховика d_m , м | 0.65 |

Умови розрахунку:

| | |
|---|------|
| Коефіцієнт тертя кочення колеса каретки по направляючим f_k | 0,1 |
| Коефіцієнт тертя в цапфі $f_{ц}$ | 0,05 |
| Коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі $\eta_{л.п}$ | 0,85 |
| Коефіцієнт корисної дії барабану η_6 | 0,9 |
| Коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра $\eta_{ц}$ | 0,8 |
| Коефіцієнт корисної дії редуктора η_p | 0,8 |
| Коефіцієнт, що враховує перекося $\alpha_{п}$ | 1 |

Розрахунок здійснюється згідно з методикою, викладеною в [7].

Зусилля натягу двох гілок сітки:

$$P = 2 \cdot S \cdot B_c = 2 \cdot 3500 \cdot 4.2 = 29400 \text{ Н.}$$

Опір руху каретки:

$$P_1 = \frac{20 \cdot m_b}{d_k} \cdot \left(f_k + f_{ц} \cdot \frac{d_k}{2} \right) = \frac{20 \cdot 1500}{0.115} \cdot \left(0.1 + 0.05 \cdot \frac{0.115}{2} \right) = 2683696 \text{ Н.}$$

Сумарне зусилля на тягових ланцюгах:

$$P_c = P + P_1 = 29400 + 2683696 = 56236 \text{ Н.}$$

Крутний момент на зірочках

$$M_3 = P_c \cdot \frac{d_3}{2 \cdot \eta_{л.п}} = 56236 \cdot \frac{0.288}{2 \cdot 0.85} = 9527 \text{ Нм.}$$

Зусилля на тросі барабану:

$$T = \frac{2 \cdot M_3}{d_6 \cdot \eta_6} = \frac{2 \cdot 9527}{0.74 \cdot 0.9} = 28609 \text{ Н.}$$

Необхідний тиск в пневмоциліндрі:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

$$p_{ц} = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot (d_{ц}^2 - d_{ш}^2) \cdot \eta_{ц}} = \frac{4 \cdot 28609}{3.14 \cdot (0.25^2 - 0.063^2) \cdot 0.8} = 77847 \text{ Па} = 0.8 \text{ МПа}.$$

Крутний момент на маховику:

$$M_{м} = \frac{M_3}{\eta_6 \cdot \eta_p \cdot i} = \frac{9527}{0.9 \cdot 0.8 \cdot 549} = 24.1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зусилля робітника:

$$P_{роб} = \frac{2 \cdot M_{м}}{d_{м}} = \frac{2 \cdot 24.1}{0.65} = 74,15 \text{ Н}.$$

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що для переміщення кареток з натяжним валом в пневмоциліндрі необхідно створити тиск 0.8 МПа, а робітник має прикласти до маховика зусилля в 75 Н.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

1. Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

2. Тема дипломного проекту: «Модернізація сушильної частини картоноробної машини». В цьому розділі розглянуто види, методи та засоби безпеки для роботи на сушильних циліндрах.

3. Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії являються:

- небезпека ураження електричним струмом;
- вплив механізмів, які рухаються і обертаються;
- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- пожежонебезпека;
- надзвичайні ситуації.

До обслуговування лінії допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання та отримали право працювати на ній.

5.1 Небезпека ураження електричним струмом

Лінія виробництва, яка розробляється в дисертаційній роботі розташовується у сухому приміщенні з температурою та вологовмістом повітря, що задовольняє гігієнічно-санітарні норми. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно ПУЕ-86 воно відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Пульт керування машиніста має напругу $U = 220/380$ В та частотою $f = 50$ Гц. Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Заходами щодо електробезпеки є:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- інструктаж і навчання безпечним методам праці;
- встановлення блоку безпеки та огорожі;
- недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою (кабелі вкладаємо в полівінілхлоридні труби, піддати захисту: недоступність кабелів на висоті $h_{\min} = 2,7$ м, застосування огорожувальних пристроїв);

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування виконується з поліетиленів високої або низької щільності, яка відрізняється високою стійкістю під дією хімічного або агресивного середовища. Вулканізований поліетилен не боїться і перепадів температур, а ось звичайні види поліетиленової ізоляції при нагріванні нестабільні. Саме тому вони не рекомендуються для використання в умовах підвищених температур;

- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;

- при роботі з електроінструментом ($U \leq 42\text{В}$), застосовуються індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки ($I_{\text{ном}} = 100$ А. Що до $1,25 - 1,4 I_{\text{ном}}$).

В аварійному режимі замикання спрацьовує при виникненні великого струму короткого замикання:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{z_0 + z}, \text{А}$$

де, z_0 – опір нульового провідника, він повинен бути $z_0 \leq 50\% z$

z – опір других проводів, який дорівнює $0,1 - 0,2$ Ом, приймаємо $0,2$ Ом. Щоб справцювало заземлення необхідно щоб $I_{\text{кз}} \geq 3 \cdot I_{\text{ном}}$, приймаємо $I_{\text{ном}} = 100$ А, або спрацьовує захист МТЗ при $I_{\text{кз}} = 1,25 - 1,4 \cdot I_{\text{ном}}$, в залежності від виду МТЗ.

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{z_0 + z} = \frac{220}{0,4 + 0,2} = 367 \text{ А.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

І це відповідає ГОСТ 12.1.030-89:

- Заземлюючих пристроїв, яке виконують за нормами на опір, повинно мати в будь-який час року опір не більше 0,5 Ом. При питомому опорі "землі" ГОСТ 12.1.030-89 Система стандартів безпеки праці (ССБТ). Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення (зі Зміною N1), більшому 500 Ом·м, допускається підвищувати опір заземлювального пристрою в залежності від ГОСТ 12.1.030-89 Система стандартів безпеки праці (ССБТ). Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення (зі Зміною N1).

- Напруга на заземлювальному пристрої при стіканні з нього струму замикання на "землю" не повинно перевищувати 10 кВ.

- Напруга вище 10 кВ допускається на заземлюючих пристроях, з яких виключений винесення потенціалів за межі будівель і зовнішніх огорожень електроустановки.

- При напрузі на заземлювальному пристрої вище 5 кВ повинні бути передбачені заходи щодо захисту ізоляції відходять кабелів зв'язку та телемеханіки.

- З метою вирівнювання потенціалу на території, зайнятій електроустановками, повинні бути прокладені поздовжні і поперечні горизонтальні елементи заземлювача і з'єднані зварюванням між собою, а також з вертикальними елементами заземлювача.

При силі струму, що проходить крізь людину при доторканні до однієї з фаз мережі в аварійному режимі роботи, яка перевищує значення, що дозволяється за ГОСТ 12.1.030-89.

Схема занулення ізольованої нейтралі з контуром захисного заземлення наведена на рисунку 5.1:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

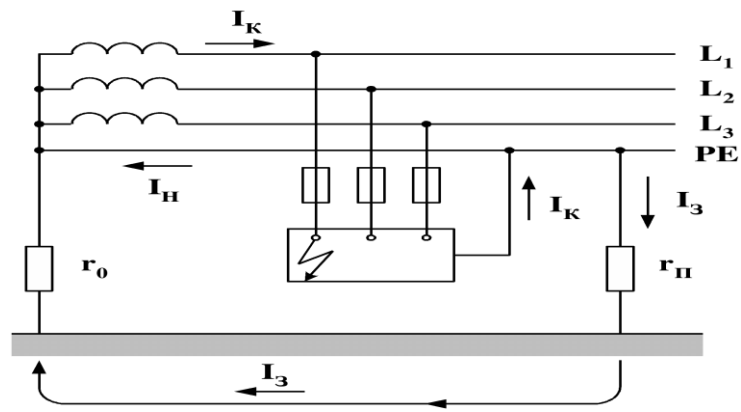


Рисунок 5.1 – Захисне занулення

Забезпечення електробезпеки є дуже важливим чинником, при проектуванні холодильної частини, тому що дозволяє зменшити ймовірність смертельного випадку чи травматизму серед обслуговуючого персоналу у виробничих умовах.

5.2 Рухомі механізми

Механізми, що обертаються - це холодильні циліндри та допоміжні механізми навколо нього. Ці механізми є небезпечними, тому потрібно огорожувати їх під час роботи. Також персоналу потрібно носити спецодяг та використовувати інші засоби індивідуального захисту.

Рухомі частини обладнання, що несуть небезпеку для працюючих, загородженні або оснащені іншими видами захисту. Конструкція холодильної частини забезпечує неможливість випадкового дотику працюючих з гарячими (більше 45°C) і переохолодженими частинами, а також з елементами, що мають гострі кромки та кути. Для запобігання небезпеки при раптовому відключенні енергії всі робочі органи, підйомні, зажимні і захоплюючі присторої та пристосування обладнуються захисним обладнанням, що виключає викид або падіння деталей (інструменту). А також виключати можливість самотійного включення приводів робочих

органів при повторній подачі електроенергії після її самостійного відключення.

Органи управління мають символічні позначення і написи. Органи аварійного управління пофарбовані в червоний колір та розміщуються з відповідними знаками на добре оглядових місцях. Засоби захисту виконують самоконтроль або є легкодоступні для контролю і обслуговування [13].

5.3 Повітря робочої зони

1) Робота оператора відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ДСН 3.3.6.042-99 з енерговитратами 630 кДж/год.

До заходів по відновленню (очищенню) повітряного середовища цеху відноситься вентиляція. Для цеху, в якому знаходиться картоноробна машина, а в її складі – холодильна частина, використовується механічна вентиляція. При механічній вентиляції обмін повітря досягається за рахунок різниці тиску, що утворює вентилятор. Повітря піддається попередній обробці: очищується, підігрівається, охолоджується, висушується. Якщо повітря, що видаляється з цеху забруднене вище гранично допустимих концентрацій, то воно піддається очищенню.

Механічна вентиляція ділиться на робочу і аварійну. Робоча в свою чергу ділиться на загальну і місцеву (на певне робоче місце працівника). Системи загальної вентиляції виконують повітряний обмін з навколишнім середовищем в машинному цеху картоноробної машини [13].

Системи аварійної вентиляції встановлюються у виробничих цехах, де можлива раптова змішування з повітрям у великих кількостях отруйних або вибухонебезпечних речовин.

Масова концентрація шкідливих речовин (волокна паперового полотна) і запилення повітря в зоні обслуговування не перевищує санітарні норми, встановлені за ГОСТ 2.1.005-88.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У цеху також встановлюється система опалення і кондиціонер.

2) Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в зимній період складає 20-23°C допустима і фактична 19-21°C, а в літній період: 22-25°C та 21-23°C відповідно;

- відносна вологість 35-50 %;

- швидкість руху повітря – 0,2 м/с і відповідають ДСН 3.3.6042-45.

Кількість повітря, що необхідно подати в приміщення цеху для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища в робочій або обслуговуючій зоні, визначається розрахунком на основі кількості тепла, вологи, і отруйних речовин, що надходять в цех, враховуючи нерівномірність їх розподілення по висоті і площі приміщення. Також враховується видалення повітря місцевим відсмоктуванням від обладнання та на технологічні потреби (на сушку паперового полотна) [13].

5.4 Шум і вібрація

Джерела шуму в сушильній частині фактично 95-98 дБА.

Засоби захисту від шуму в залежності від використання додаткового джерела енергії поділяються на пасивні, в яких не використовується додаткове джерело енергії, та активні, в яких використовуються додаткове джерело енергії. Засоби та методи колективного захисту від шуму в залежності від способу реалізації поділяються на акустичні, архітектурно-планові та організаційно-технічні, в основному використовуються навушники або беруші. Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, при застосування засобів і методів колективного захисту та засобів індивідуального захисту. Основними засобами

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

колективного захисту є: зниження шуму в джерел його виникнення і на шляху його розповсюдження.

Основні заходи по зниженню шуму в цехах відносять вибір і установка найменш шумового обладнання; пристрої кожухів, глушників, екранів; раціональне планування території підприємства, при якій об'єкти максимально видаляються від шумних відкритих установок і приміщень; раціональне поверхове планування будівель і розміщення шумового обладнання будівлі; пристрої віброізолюваних фундаментів і амортизаторів під обладнання для запобігання передачі вібрації на будівельні конструкції. На установці використовуються демфрування, звукоізоляція і звукопоглинання [13].

Фактичні рівні шуму в холодильній частині 65 дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99.

Для зниження вібрації прийняті такі міри:

- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.
- Рівень загальної вібрації відповідає ДСН 3.3.6.037-99.

5.6 Пожежна безпека

Приміщення де оператор керує установкою відноситься до приміщень категорії В (ОНТП-24-86).

На місці роботи оператора можуть займатися дерев'яні та термопластичні елементи інтер'єру з температурою займання 380-420°C. Також цех виробництва гранульованих гуміново-мінеральних добрив містить елементи, що можуть займатися: машинне масло, електропроводи,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

електрообладнання, тому це приміщення відноситься до категорії В та зони пожежонебезпеки класу П-Па за ПУЕ.

Стійкість споруди відповідає ступеню вогнестійкості II.

Система попередження вибухів і пожеж.

- підтримуються відповідні значення температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- максимально механізовані та автоматизовані технологічні процеси;
- видаляються пожежонебезпечні відходи виробництва.
- використовуються машини, механізми, устаткування, пристрої, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- використовуються швидкодійні засоби захисного відключення можливих джерел запалювання;
- використовуються технологічні процеси і устаткування, що задовольняє вимогам статичної іскробезпеки;
- температури нагріву поверхні машин, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, підтримуються нижче гранично допустимої, яка не повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища;
- виключається можливість появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використовується інструмент, робочий одяг і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- зменшується розмір горючого середовища нижче гранично допустимого за горючістю;
- виконуються вимоги чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 62 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- використовується електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей.

При виникненні пожежі використовують порошковий вогнегасник такий як:"Сам 9" для пожежогасіння без участі людини. Органи дихання захищають повітряним апаратом типу МПА-4х20.

5.7 Надзвичайні ситуації

У випадку надзвичайних ситуацій ступінь руйнування будівлі, споруди чи обладнання залежить від їх міцності та величини надмірного тиску ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу, залежить від типу і кількості вибухової речовини та відстані від центру вибуху до дослідного об'єкта.

Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3 (рисунок 5.4):

Зона 1 – детонаційної хвилі.

Зона 2 –дії продуктів вибуху.

Зона 3 – дії ударної хвилі.

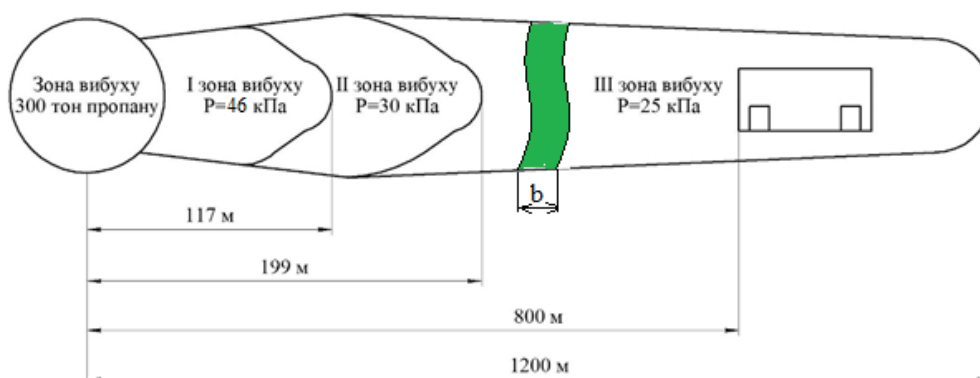


Рисунок 5.4 – Ураження вибухом

Ударна хвиля вибуху уражає людей шляхом прямої та непрямої дії. Пряма дія відбувається безпосередньо надмірним тиском УХ і може викликати травми.

У випадку якщо в сусідньому приміщенні є сховище з вибухонебезпечними предметами (300 т зрідженого пропану). Приблизна відстань до центру вибуху 800 м.

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q} - 1}} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{800^3}{300} - 1}} = 22,915 \text{ кПа}$$

де L – відстань до центру вибуху, м

Q – кількість вибухової речовини, т.

Залежно від надмірного тиску ΔP_{ϕ} ступінь ураження людей Легкі травми - легка контузія організму, часткова втрата слуху, вивихи кінцівок. Крім того, зруйнована будівля викличе непряму дію.(проявляється через ураження людей уламками зруйнованих будівель) ударної хвилі на людей.

Відповідно до правил пожежної безпеки. У виробничі будівлі, споруди, устаткування при одноразовому знаходженні на поверсі більше 10 осіб мають бути розроблені і на видних місцях вивішені плани (схеми) евакуації людей при пожежі. План евакуації зображений на рисунку 5.5.

Основними вимогами є:

Пожежні гідранти мають бути встановлені на відстані 30 метрів одне від одного та мати рукава довжиною до 10 метрів.

Пожежний вихід має бути не більше ніж за 40 метрів.

Двері еваковиходу мають відкриватися на зовні та їх має бути не менше двох з шириною 2 метри.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

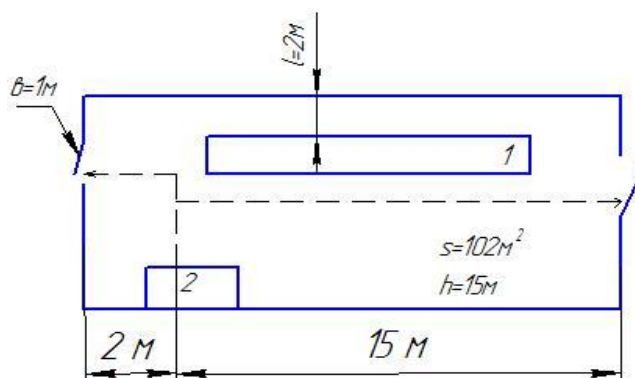


Рисунок 5.5 – План евакуації

Висновок: в сушильній частині картоноробної машини проаналізовано умови праці та розроблено заходи по електробезпеці, рухомі механізми. Також розраховано необхідну кількість ламп для освітлення приміщення в якому знаходиться холодильна частина. Шум та вібрація не перевищують 98 дБа. Надано план-схему при евакуації з цеху.

Конструкція сушильної частини задовольняє вимоги охорони праці.

6 Рекомендації щодо монтажу сушильної частини КРМ

Сушильна частина папероробної машини є самою металоємною і найбільшою по довжині. Маса сушильної частини на швидкохідних машинах складає до 60-70 % від загальної маси машини, а обсяг монтажних робіт до 50-60 % від всього обсягу монтажу машини. Довжина сушильної частини, що визначає фронт монтажних робіт, на багатоциліндрових машинах досягає 60-80 м, що відповідає 65-70 % загальної довжини машини.

У зв'язку з високою технічною складністю сучасних паперо- та картоноробних машин їх монтаж, пуск і налагодження здійснюють спеціалізовані організації. Сушильна частина має дуже складну кінематику, тому контрольне складання повинна пройти на заводі виробнику. Після контрольного складання циліндри нумеруються з врахуванням технологічних потреб.

На період очікування монтажу циліндр повинен зберігатися в сухому приміщенні без різких перепадів температур. При більш тривалому зберіганні (більше двох місяців) циліндр встановлюють на підшипники і зберігають, повертаючи його на 90°. Переміщення по площадці з допомогою катків або спеціально виготовленим коліям.

До замовника сушильна частина надходить у вигляді укрупнених блоків поставки, які не підлягають розбиранню в процесі монтажу, за виключенням блоків, що підлягають ревізії, ущільненню герметиком, заповненню робочим мастилом та в які повинні встановлюватись діафрагми і графітові кільця. Сушильні циліндри на монтаж надходять в спеціальній заводській упаковці, яка зберігається на весь період монтажу. Для здійснення контрольних вимірювань упаковка видаляється на величину 50 – 60 мм від кромки циліндра. Укрупнені складальні одиниці надходять до місця встановлення в порядку технологічної послідовності монтажу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 66 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Монтаж сушильної частини слід починати зі встановлення першого сушильного циліндра, вісь якого розмічається безпосередньо на фундаментних шинах у відповідності з монтажно-встановочним кресленням. Базовою віссю для розмітки осьової лінії першого сушильного циліндра може бути вісь нижнього валу останнього пресу. Вивіряння першого сушильного циліндра на горизонтальність та паралельність останньому валу пресу здійснюється звичайними методами, характерними для вивіряння всіх валів.

Перший циліндр вивірити з точністю:

- відхилення від горизонтальності бочки циліндра не більше 0,03 мм на довжині 1000 мм;
- допуск паралельності осі циліндра відносно вертикальної площини, що проходить через поперечну вісь машини, не більше 0,5 мм на довжину бочки.

Монтаж наступних сушильних циліндрів та інших валів здійснюють, приймаючи вісь першого циліндра за базову. Всі осьові лінії валів конвективного сушіння розкреслюють рисками безпосередньо на фундаментних шинах.

Динамічному балансуванню піддаються практично всі циліндри і вали незалежно від ширини і швидкості машини.

На багатьох нових машинах цапфи сушильних циліндрів робляться сталевими і запресовують в чавунні кришки. Посадкові місця цапф шліфуються та індивідуально підганяються під чисто оброблений отвір у кришці. Для прискорення монтажу сушильні циліндри комплектуються в монтажні блоки.

При надяганні та скріпленні сіток сушильних груп всі циліндри в групі мають бути встановлені таким чином, щоб зливні отвори в кришках з приводного боку знаходились в одному положенні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Одночасно з устаткуванням сушильної частини здійснюється монтаж автоматичної централізованої системи змащування підшипників сушильних циліндрів. Підшипники сушильних циліндрів лицьової сторони мають плаваючі опори різної конструкції (зовнішнє кільце роликового сферичного підшипника має ковзну посадку в корпусі підшипника, корпуси роликових дворядних сферичних підшипників мають призматичні чи роликові опори). Корпуса підшипників з опорами, що плавають, установлюються, як правила, на лицьовій стороні машини. Підшипники сушильних циліндрів працюють у важких температурних умовах, особливо на приводній стороні, де підводиться пара та відводиться конденсат. Для компенсації теплових розширень і поліпшення їхньої роботи вони робляться з підвищеним радіальним зазором. Автоматична змащувальна система може комплектуватися різноманітними пристроями, що сигналізують про аварійні ситуації підшипникових вузлів.

Після установки циліндра в блоці роблять попередню перевірку циліндрів на паралельність незначним переміщенням корпусу підшипника з лицьової сторони. Остаточна вивірка паралельності і горизонтальності циліндрів ведеться за допомогою теодолітів, нівелірів, штихмасів, гідрорівнів і рівнів 2-го класу точності звичайними методами.

Після закінчення монтажу сушильної частини здійснюються гідравлічні випробування сушильних циліндрів. Випробування здійснюються груповим методом: одночасно перевіряються всі циліндри одної приводної групи, оскільки вони з'єднані спільними колекторами пароконденсатної системи. Дата гідравлічного випробування наноситься на номерній табличці, закріпленій поряд з кожним циліндром. Для полегшення заповнення циліндрів водою під час гідравлічного випробування, всі сушильні циліндри повинні бути встановлені таким чином, щоб пробки для випуску повітря в кришках циліндрів знаходилися в крайньому верхньому положенні. Зазвичай

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

гідравлічне випробування, циліндрів здійснюється групами по 5 циліндрів одночасно у присутності інспектора Держміськтехнагляду.

Після закінчення монтажних робіт складається монтажний формуляр, в який заносяться дані контрольних замірів і результати гідравлічних випробувань.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні будь-якого устаткування доцільно максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі і вузли.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей конструкції значно знижує вартість її виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Оцінку рівня стандартизації та уніфікації будемо здійснювати по першій сушильній групі розробленої сушильної частини, яка є типовим складовим елементом пропонованої конструкції.

Перша приводна сушильна група складається з 1500 деталей, з яких:

- стандартизованих $N_c = 101$;
- нормалізованих $N_n = 590$;
- індивідуальних ненормалізованих $N_i = 210$.

Частка уніфікованих і стандартних деталей в конструкції складає:

$$K = \frac{N_n + N_c}{N_n + N_n + N_i} = \frac{590 + 101}{590 + 101 + 210} = 0,77$$

Висновок: вся розроблена сушильна частина має високий рівень уніфікації та стандартизації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

8 Розроблення стартап-проекту

8.1 Опис ідеї проекту

Хімічне виробництво – одна із найважливіших галузей сучасної промисловості в Україні. Одним з найвідповідальніших напрямків якої є паперова промисловість. Целюлозно–паперове виробництво доволі складний, багатоопераційний процес, який споживає велику кількість різноманітних видів матеріалів, природної сировини та хімічних продуктів. Також воно зв’язано з великими витратами теплової та електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів і супроводжується утворенням виробничних відходів та стічних вод.

Таблиця 8.1 Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї | Напрями застосування | Вигода для користувача |
|--|---|--|
| Виготовлення сушильного циліндру, який заповнений мінеральною теплоізоляцією, що дозволить зменшити втрату теплоти в навколишнє середовище | Замінити існуючі сушильні циліндри на модернізовані. Дозволить відкрити нам можливість домінування на ринку целюлозно-паперового виробництва | Забезпечення значної економії електроенергії на сушильній частині. Можливість використання менш потужних парокондестних систем. |

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (модернізація сушильного циліндра).

До переваг існуючої конструкції слід віднести: простоту виготовлення конструкції, надійність та низькою металоємністю і забезпечення зменшення втрат теплоти до 60%.

До недоліків даної конструкції можна віднести: модернізація полягає в заміні сушильного циліндра на модернізований.

Заміна старого циліндру новим дозволила значно зменшити втрати теплоти зовнішньою поверхнею торцевих кришок, завдяки чому зменшиться витрата електроенергії.

Сушильний циліндр містить оболону; теплоізоляцію у впадинах зовнішньої поверхні кришок; тонкостінний диск закріплений до торців оболонки гвинтами.

Основні техніко-економічні показники базової і вдосконаленої сушильної частини, для порівняння, знаходяться в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

| № п/п | Техніко-економічні характеристики і ідеї | (потенційні) товари/концепції конкурентів | | | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|-------|--|---|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | Мій проект | Конкурент 1 Sulzer escher wizz | Конкурент 2 Papcell | | | |
| 1. | Вартість сушильного циліндра, грн | 270000 | 250000 | 250000 | + | - | - |
| 2. | Продуктивність, кг/год | 4653 | 4653 | 4653 | - | + | - |
| 3. | Витрати електроенергії, кВт/год | 12900 | 21600 | 21200 | - | - | ++ |
| 4. | Встановлена потужність, кВт | 480 | 480 | 480 | - | + | - |

Основною перевагою над конкурентами є: витрати електроенергії, за рахунок однакових параметрів. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Результат проведеного аудиту способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту, наведено його у таблиці.

Таблиця 8.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п | Ідея проекту | Технології реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|----------|--|--|---|---|
| | Зменшити втрату теплоти в навколишнє середовище | Модернізована конструкція сушильного циліндра | На даний момент відомо багато конструкцій сушильного циліндра, однак енерговитрати можна зробити ефективнішими | Література для вивчення представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспро можності потребує подальшого вивчення |

Обрана технологія реалізація проекту: Модернізована конструкція сушильного циліндру з теплоізоляцією.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим за рахунок наявних на сьогодні технологій та їх доступності та не складності придбання необхідних комплектуючих та устаткування.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | 73 |

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкових можливостей, які можна використовувати під час ринкового впровадження проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 8.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| № п/п | Показники стану ринку | Характеристика |
|----------|---|---|
| 1 | Кількість головних гравців | 2 |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од | 676 млн. |
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4 | Наявність обмежень для входу | Висока точність виробів |
| 5 | Середня норма рентабельності в галузі, % | 30 |
| 6 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | ДСТУ 2098-92, ГОСТ Р 53636-2009, ИСО 4046-1:2002 |

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім аналізом тому, що в нас є тільки один конкурент, який базується не тільки в целюлозно-паперовому виробництві, а й в інших галузях. Отже, можна стати лідером у своїй галузі виробництва.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|-------|---|--|---|--|
| | У сфері целюлозно-паперової промисловості для виготовлення картону потрібні великі витрати електроенергії | Підприємства, які займаються виготовленням картону | Стандарти згідно ДСТУ, ГОСТУ, ISO. Ремонтопридатність, ціна, строк служби | До продукції: якість виготовлення деталей, надійність. До компанії-постачальника: Гарантії, термін виконання |

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7).

Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності. Фактори поділяються на фактори внутрішньо маркетингового та зовнішньо маркетингового середовища. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До факторів зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико— правові, соціально—культурні, економічні, науково—технічні і фактори демографічного середовища [24]. Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6. Фактори загроз

| № п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|-------|---|--|---|
| 1 | Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність». | Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу Недостатня підтримка державою нових підприємців. | Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця таких я Німеччина, Великобританія, Японія. Зміна напрямків імпорту/експорту на інші країни поза межами континенту. |
| 2 | «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності» | Дороговартісні ліцензії на право виготовлення обладнання заборона на діяльність без ліцензії. | Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця таких я Німеччина, Великобританія, Японія. |
| 3 | Нестабільна конфліктна ситуація в Україні на Сході | Наявність клієнтів (Рубіжанський картонно-тарний комбінат) та підприємств що працюють у безпосередній близькості до зони конфлікту | Втрата цільових клієнтів на території України |
| 5 | Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали(сталь, чавун) | Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару | Підвищення ціни на продукцію. |
| 6 | Науково-технічні: Зміна технології виготовлення товару(автоматизація процесів) | Невідповідність технологій споживчих послуг та науково-технічного розвитку. Консервативність споживачів до запровадження інновацій. | Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності(папір, гафрокартон). Інноваційна діяльність. |
| 7 | Соціально-культурні: Консервативність | Небажання споживачів купувати нове обладнання | Пропонувати споживачам замість купівлі нового |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | споживачів до запровадження інновацій. | | обладнання модернізацію їх виробництва. |
|--|--|--|---|

Таблиця 6.7. Фактори можливостей

| № п/п | Фактор | Зміст можливості | Можлива реакція компанії |
|-------|---|--|--|
| 1 | Науково-технічні: Застаріла конструкція обладнання Невідповідність якості продукції наших споживачів вимогам нового часу науковотехнічному розвитку галузі, створення нових апаратів | Пропозиція нової технології виробництва. | Розробка нового обладнання та конструкцій сушильних циліндрів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію. |
| 2 | Високий інтелектуальний потенціал компанії | Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг | Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці |
| 3 | Демографічні | збільшення населення, покращується попит на продукцію. | збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому |

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства |
|---|---|---|
| 1. Тип конкуренції: Монополістична | Диференціація товарів створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін. | Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними технічними характеристиками). Компанії мають світове ім'я це виключає можливість змови |
| 2. Рівень конкурентної боротьби: Національна | В середині країни не виготовляють обладнання сушильного циліндру, тільки з-за кордону. | Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Максимальна присутність на виставках та форумах. |
| 3. За галузевою ознакою: Міжгалузева | На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг. | Створення удосконаленого сушильного обладнання, яке спрямоване на збільшення продуктивності. |

Продовження таблиці 8.8

| | | |
|--|--|---|
| 4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова | Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем вдоволення певних його потреб продукцію. | Визначення способів просування товару та демонстрації його першості над з-за кордонним обладнанням. |
| 5. За характером конкурентних переваг: цінова | За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару | Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді) |
| 6. За інтенсивністю: марочна | Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я. | Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів. |

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера [25]. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

| Структурові аналізи | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
|---------------------|---|--|--|--|--|
| | Основні компанії, що виготовляють Сушильні циліндри: Sulzer escher wizz (Німеччина) та Parcel (Чехія). | Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій. | Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном) | Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій | Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає |
| Висновки: | Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати | Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори. | Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для | Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати. | Мінімальне обмеження через товари-замінники. |

| | | | | | |
|--|-----------|--|------------------------------|--|--|
| | клієнтів. | | видозмінених компонентів. | | |
|--|-----------|--|------------------------------|--|--|

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця 8.6-8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею 8.10

Таблиця 6.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|-----|--|--|
| 1. | Ціна | Саме по собі сушильне обладнання дуже дороге через високі вимоги до точності виготовлення, через технології та комплектуючі з якого воно виробляється. |
| 2. | Інноваційність технології | Так як ми будемо співпрацювати з науковотехнічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання. |
| 3. | Можливість виходу на закордонний ринок | Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України. Завдяки чому збільшується впізнаваність та цілісність компанії |
| 4. | Асортимент | Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі. |
| 5 | Енергоресурси | Завдяки заповненню мінеральної вати в циліндр, зменшиться втрата теплоти. Це дозволить зменшити витрати використання електроенергії. |

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту [26].

Таблиця 8.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін систем ідентифікації з градієнтним алгоритмом

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | 81 |

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з SushCyL | | | | | | |
|----------|---|--------------|---|----|----|-----|----|----|-----|
| | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1. | Ціна | 9 | | P | S | | | | |
| 2. | Іноваційність технології | 18 | | | | | | S | P |
| 3. | Можливість виходу на закордонний ринок | 3 | | | | P,S | | | |
| 4. | Асортимент | 8 | | | P | S | | | |
| 5. | Енергоресурси | 20 | | | | | | | P,S |

P – Parcel

S – Sulzer escher wiz

Сильні сторони проекту: інноваційність технології сушильного циліндру та енергозбереження.

Слабкі сторони проекту: ціна та можливість виходу на закордонний ринок.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT – аналіз стартап-проекту.

| Сильні сторони | Слабкі сторони |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Іноваційність технології - Високий рівень енергозбереження - Перевага над конкурентним товаром за | <ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Висока вартість циліндру - Відсутність на початку постачальників сировини та замовника - Можливість виходу на закордонний |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 82 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | |

| | |
|--|--|
| <p>рахунок енергоефективності.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Можливо збільшити кількість наданих послуг - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок | <p>ринок</p> |
| Можливості | Загрози |
| <ul style="list-style-type: none"> - Поява нової технології виробництва сушильного циліндра. - кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг - збільшення населення, покращується попит на продукцію. | <ul style="list-style-type: none"> - Недостатній рівень фінансування галузі - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії. - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним |

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [27].

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | 83 |

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

| № п/п | Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки | Ймовірність отримання ресурсів | Строки реалізації |
|-------|---|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | Модернізація вже застарілих сушильних циліндрів. | Достатня | 1 рік |
| 2 | Виготовлення модернізованого обладнання | Низька | 1,5 роки |

Після аналізу обираємо альтернативу модернізації вже застарілих сушильних циліндрів.

6.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.10). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [28].

Таблиця 8.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачі в сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу в сегмент |
|-------|--|--|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. | Державні картонні виробництва | Середня | Середній | Високий | Середня |
| 2. | Приватні картонні виробництва | Високий | Високий | Середня | Висока |

Вибрано стратегію диференційного маркетингу для охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.15).

Таблиця 8.15. Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|-------|--------------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| 1. | Підписання довгострокових контрактів | Диференційний маркетинг | Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість | Стратегія диференціації |

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| № п/п | Чи є «першопрохідцем»? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які? | Стратегія конкурентної поведінки |
|-------|------------------------|--|---|--------------------------------------|
| 1. | Ні | В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності. | Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними | Стратегія наслідування лідера Purcel |

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

| № п/п | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових) |
|-------|--|---------------------------|--|--|
| 1. | 1.Аргументована ціна. 2.Супроводження товару 3. Необхідна якість | Стратегія диференціації | 1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару | 1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності. |

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.14 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує послуга | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|-------|--|--|--|
| 1. | Висока потреба в модернізації існуючого обладнання | Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту | - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології |
| 2. | Зменшення виходу бракованого матеріалу | Збільшення продуктивності | Інноваційна конструкція |
| 3. | Зниження енергозатрат на виробництво | Зменшення ціни продукту | Інноваційна конструкція |

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.15). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [31].

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару | Сутність та складові | | |
|-----------------------------------|--|------|----------------|
| I. Послуга за задумом | Покращення якості готового продукту – сушильного циліндра. Зменшення енергетичних та матеріальних витрат на виробництво. | | |
| II. Послуга у реальному виконанні | Властивості/характеристики | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
| | 1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання; 2. Призначення: упакування та продаж; 3. Технологічні: оптимізації витрат праці, коштів. 4. Безпека: відповідність нормативам; 5. Екологічність: відповідність нормативам. | –/+ | + /+ /+ /+ /+ |
| | Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші. | | |

| | |
|-------------------------------|---|
| | Розміщення логотипа підприємства на документації |
| | Пакування відсутнє |
| III. Послуга із підкріпленням | До продажу: представлення клієнту проекту, різні способи доставки та оплати |
| | Після продажу: встановлення, обслуговування |

Захист буде організовано за рахунок вчасно запатентованої ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення цін

| № п/п | Рівень цін на товари – замітники | Рівень цін на товари – аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|-------|----------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1. | 270000-350000грн | 270000-350000грн | Підприємства великі та середні | 5000-10000 грн/год консультація |

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8. 21).

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

| № п/п | Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|-------|--|--|--|-----------------------------|
| 1. | Вивчення проблеми споживача та запропонування її вирішення | Гарантія якості, швидкість виконання, надійність, доставка | Канал нульового рівня (прямий маркетинг) | Веб ресурси, власні зв'язки |

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут через соціальну активність.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.18).

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

| № п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
|-------|--|--|--|---|--------------------------------|
| 1. | Доступне пояснення ефективності інновацій | Інтернет, виставки | Продаж якісного товару; Чим довше партнерство, тим лояльніші ціни; | Демонстрація переваг продукції та послуг залежно від напряду зацікавленості | «Довговічність і надійність» |
| 2. | Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час. | Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція | Надання всієї інформації та гарантія на покупку. | Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення. | «Краще не знайдете» |
| 3. | Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо). | Інтернет, соціальні мережі | Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом. | Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення. | «Все краще для вас » |

Результатом пункту 8.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки[27].

Зменшення витрат теплоти сушильними циліндрами та CO2 котельнею

В результаті теплоізоляції торцевих кришок циліндрів, зменшилися втрати теплоти в навколишнє середовище

Поверхня торцевих кришок сушильного циліндра складає:

$$F_{\text{ц}} = 2 \cdot \frac{\pi(d^2 - d_{\text{ц}}^2)}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (1,470^2 - 0,36^2)}{4} = 3,18 \text{ м}^2$$

Загальна поверхня:

$$F_3 = F_{\text{ц}} \cdot n = 3,18 \cdot 118 = 375,24 \text{ м}^2$$

Витрати теплоти через поверхню кришок:

$$Q = \alpha \cdot F_3 \cdot (t_k - t_{\text{нс}}) = 90 \cdot 375,24 \cdot (150 - 50) = 3377160 \text{ Вт} = 3377,16 \text{ кВт}$$

Економія газу:

$$L = \frac{Q \cdot 3600}{35000 \cdot \eta} = 2 \cdot \frac{3377,16 \cdot 3600}{35000 \cdot 0,8} = 434,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

6.6 Висновки до розділу

Згідно отриманих даних у нашого проекту є можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку.

Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 90 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | |

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства, що займаються виготовленням сушильного циліндру КРМ;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері.

Список літератури

1.Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

2. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

3.Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 91 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | |

4 Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

5. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on 'the Four-Dimensional Thinking' in Information Society // Marketing and Management of innovations. — 3'2017. — P.245-256.- DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

6. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. — Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». — 2017. — С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

7. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

8. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. — 2014. — Т. 1. — С. 60– 72.

9. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). — 2015. - С. 124-127. — Режим доступу : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

10 Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). — 2015. - С. 124-127. — Режим доступу : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

11 Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф.,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 92 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | |

Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | 93 |

Зменшення витрат теплоти сушильними циліндрами та CO2 котельнею

В результаті теплоізоляції торцевих кришок циліндрів, зменшилися втрати теплоти в навколишнє середовище

Поверхня торцевих кришок сушильного циліндра складає:

$$F_{\text{ц}} = 2 \cdot \frac{\pi(d^2 - d_{\text{ц}}^2)}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (1,470^2 - 0,36^2)}{4} = 3,18 \text{ м}^2$$

Загальна поверхня:

$$F_{\text{з}} = F_{\text{ц}} \cdot n = 3,18 \cdot 118 = 375,24 \text{ м}^2$$

Витрати теплоти через поверхню кришок:

$$Q = \alpha \cdot F_{\text{з}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{нс}}) = 90 \cdot 375,24 \cdot (150 - 50) = 3377160 \text{ Вт} = 3377,16 \text{ кВт}$$

Економія газу:

$$L = \frac{Q \cdot 3600}{35000 \cdot \eta} = 2 \cdot \frac{3377,16 \cdot 3600}{35000 \cdot 0,8} = 434,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Витрати за рік:

$$L_{\text{року}} = L \cdot 8765 = 434,2 \cdot 8765 = 3805763 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

Грошові кошти:

$$C_{\text{ем}} = \text{Ц}_{\text{е}} \cdot L_{\text{року}} = 8 \cdot 3805763 = 30446104 \text{ грн} = 30,44 \text{ млн. грн}$$

$\text{Ц}_{\text{е}} = 8 \text{ грн}$ – тариф на 1 м³/газу, за даними Обухівського КПК .

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 90 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Піпис | Дата | | |

Висновки

В процесі виконання даного дипломного проекту розроблено сушильну частину картоноробної машини швидкістю 600 м/хв та обрізною шириною 4200 мм. Для цього здійснено наступне:

- наведено технічну характеристику розробленої конструкції;
- на основі аналізу інформації про існуючі конструкції обрано тип сушильної частини та здійснено її опис та опис її основних складальних одиниць;
- проведені патентні дослідження в результаті яких встановлено, що розроблена сушильна частина та її складові відповідають умовам патентоздатності (корисної моделі), отримано патент на корисну модель;
- проведено аналіз розроблюваної конструкції на предмет виконання вимог охорони праці, в результаті якого виявлено, що при виконанні необхідних правил експлуатації обрана конструкція задовольняє поставленим вимогам;
- виконано розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, в результаті яких встановлено, що для забезпечення необхідних параметрів паперового полотна необхідно встановити 118 сушильних циліндрів;
- виконано розрахунки на міцність і надійність сушильного циліндра, шабера та визначено потужність привода;
- розроблено рекомендації щодо монтажу сушильної частини КРМ;
- розроблено технологічний процес виготовлення важіля та кондуктора.
- розроблено схему автоматизованого керування сушильною частиною КРМ.

Під час виконання проекту розроблено такі складальні креслення: сушильна частина КРМ – А3×4; циліндр сушильний – А0; головка

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 93 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

паровпускна – А2х5; шабер – А2х4; схема автоматизації сушильної частини КРМ – А2; важіль – А2; кондуктор – А2, плакат А1.

Розроблена сушильна частина може бути впроваджена в технологічну лінію папероробного цеху ВАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», а також може бути використана для модернізації діючих аналогів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 94 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Выводы

В процессе выполнения данного дипломного проекта разработано сушильную часть картоноделательной машины скоростью 600 м/мин и обрезной шириной 4200 мм. Для этого осуществлено следующее:

- рассмотрены конструкции сушильных частей и сушильных цилиндров;

- описано технологический процесс изготовления картона;

- приведено техническую характеристику разработанной конструкции;

- на основе анализа информации о существующих конструкциях выбран тип сушильной части и осуществлено её описание и описание её основных сборочных единиц;

- проведены патентные исследования в результате которых установлено, что разработанная сушильная часть и её составляющие отвечают условиям патентоспособности изобретения (полезной модели), получен патент на полезную модель;

- проведен анализ разработанной конструкции на предмет выполнения требований охраны труда, в результате которого выяснено, что при выполнении необходимых правил эксплуатации выбранная конструкция удовлетворяет поставленным требованиям;

- выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции, в результате которых установлено, что для обеспечения необходимых параметров бумажного полотна необходимо установить 118 сушильных цилиндров;

- выполнены расчеты на прочность и надежность сушильного цилиндра, шабер и определена мощность привода;

- разработаны рекомендации по монтажу сушильной части КДМ;

- разработан технологический процесс изготовления рычага и кондуктора;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 95 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– разработана схема автоматизированного управления сушильной частью КДМ.

Во время выполнения проекта разработаны такие сборочные чертежи: сушильная часть (А3х4), цилиндр сушильный (А1х2), шабер (А2х4), головка паровпускная (А2х5), схема автоматизации сушильной части КДМ (А2); рычаг (А2); кондуктор (А1), плакат (А1)

Разработанная сушильная часть может быть внедрена в технологическую линию бумагоделательного цеха ОАО «Киевский картонно-бумажный комбинат», а также может быть использована для модернизации действующих аналогов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 96 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Conclusions

In the course of this graduate work the drying component in cardboard machine with speed of 600 m/min and cutting width in 4200 ml. For this purpose, the following was done:

- design of drying parts and drying cylinders is considered;
- the process of paperboard manufacture was described;
- the technical description of the developed construction was presented;
- being based on the analysis of information about the existing constructions was chosen the type of the drying component and was done the description of this very type and its main assembly parts;
- the patent research was done and it showed that developed drying component and its parts meet the criteria of patentability (utility model), the obtained patent for utility model;
- the analysis of the developed construction was made on the subject of complying with the requirements of the labour protection and it showed that following the necessary rules in exploitation the chosen construction meets the requirements;
- the calculations that confirm the efficiency and reliability of the construction were made and showed that to provide the necessary parameters of the paper canvas, 118 drying cylinders must be set;
- calculations of strength and reliability of the drying cylinder, blow down shaft and scraper were made and the power over was determined;
- the recommendations to the installation of the drying component of cardboard machine were developed;
- the technological process of manufacture of cover and device for its grinding was developed;
- the scheme of automatic control of drying component of cardboard machine was developed.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 97 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

During the graduate work were developed the following drawings: drying component (A3x4), drying cylinder (A1x2), blow down shaft (A1), scraper (A2x4), steam inlet head (A2x5), scheme of automatic control of drying component of cardboard machine (A2); lever (A2); guard (A1), poster (A1).

The developed drying component can be implemented in the technological line of cardboard workshop in Kiev Cardboard and Paper Plant and also can be used for modernization for current analogues.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| | | | | | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 98 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток А

Технологічний процес виготовлення деталі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток Г

Патенти, які використані в патентному дослідженні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Б.1 Аналіз технологічного процесу сушіння картону як об'єкта автоматизації

Після пресової частини сухість картону звичайно складає 28...40 %. Подальше зневоднення до кінцевої сухості 92...95 % відбувається на сушильній частині картоноробної машини. Кількість випаровуваної тут води визначається сухістю картону, що поступає на сушильну частину і йде з неї. Воно коливається в межах від 1,3 до 2,5 кг води на 1 кг паперу, що приблизно в 50...100 разів менше кількості води, що видаляється на мокрій частині машини.

Зі всіх частин картоноробної машини сушильна частина - найбільша по довжині. Кількість сушильних циліндрів, залежно від швидкості машини, ваги 1 м² і виду паперу, досягає 50...150 (діаметром 1500 мм). Вага сушильної частини без урахування допоміжного устаткування складає приблизно 60...70 % ваги швидкохідної машини, а вартість наближається до 50 % вартості всієї машини. Видалення води на сушильній частині значно дорожче, ніж на мокрій частині. У зв'язку з цим очевидна доцільність максимально можливого підвищення сухості картону, що надходить на сушильну частину, оскільки при цьому знижується витрата пари і зменшується необхідне число сушильних циліндрів.

Циліндри складаються із корпусу, торцевих кришок, паровпускної головки. В обох кришках знаходяться люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду. Внутрішня поверхня циліндру виконана з кільцевими ребрами, чим досягається збільшення ефективної поверхні нагріву, а також ліквідація суцільної плівки на внутрішній поверхні циліндра і покращення конденсатовідводу. Конденсат в цьому випадку відводиться через сифонні трубки, котрі входять в канавки між ребрами.

На якість перебігу процесу впливає :

– температура поверхні циліндру;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 116 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- температура пари у колекторі;
- тиск пари у колекторі.

З цих перелічених параметрів ми можемо регулювати і контролювати слідує:

- 1) температура поверхні сушильного циліндра;
- 2) температура пари у колекторі вимірюється та відображається на щиті керування;
- 3) тиск пари у колекторі вимірюється та сигналізується на щиті керування у разі зменшення або збільшення тиску більше, ніж на 1 %.

| № п/п | Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце зміру параметра | Найменування параметра, що контролюється чи регулюється | Норми техно- логічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|----------|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Поверхня сушильного циліндра | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Контроль, регулювання |
| 2 | Колектор | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | контроль, сигналізація |
| 3 | Колектор | Тиск | 0,5 МПа | контроль, сигналізація |

Б.2 Опис розробленої схеми автоматизації сушильної частини КРМ

Температура в циліндрі вимірюється датчиком (поз. 1-1), сигнал від якого надходить на показувальний і реєструвальний прилад (поз. 1-2), розташований на щиті. Згодом надходить в електропневматичний перетворювач (поз. 1-3). Перетворений сигнал поступає в регулятор (поз. 1-4) і подається на пневматичний виконавчий механізм (поз. 1-5).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 117 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Температура пари у колекторі вимірюється датчиком (поз. 2-1), сигнал від якого надходить на показувальний і реєструвальний прилад (поз. 2-2), розташований на щиті.

Температура в циліндрі вимірюється датчиком (поз. 3-1), сигнал від якого надходить на показувальний і реєструвальний прилад (поз. 3-2), розташований на щиті. Згодом надходить в електропневматичний перетворювач (поз. 3-3). Перетворений сигнал поступає в регулятор (поз. 3-4) і подається на пневматичний виконавчий механізм (поз. 3-5).

Тиск у колекторі контролюється датчиком (поз. 4-1), сигнал від якого надходить на вторинний цифровий прилад (поз. 4-2), що забезпечує цифрову індикацію, реєстрацію та сигналізацію.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 118 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновок

В магістерській дисертації розроблено схему автоматизації управління сушильною частиною КРМ, складено специфікації на прилади та засоби автоматизації, наведено заводи-виробники приладів, засобів автоматизації, придатних для автоматичного керування процесом.

При розробці схем автоматизації технологічних процесів було забезпечено:

- отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для керування ним;
- стабілізацію технологічних параметрів процесу;
- контроль та реєстрацію технологічних параметрів процесу та стану технологічного устаткування.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 119 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Позиція на схемі | Назва параметра | Граничне значення параметра | Місце монтажу | Назва, технічна характеристика | Тип, марка моделі | Завод-виробник | Кількість |
|------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|--|-------------------|--|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1-1 | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Поверхня циліндру | Термоперетворювач опору мідний, НСХ 50М, діапазон вимірювання $(-50) - 150^{\circ}\text{C}$, довжина монтажної частини 90 мм; діаметр захисної арматури 6 мм; | ТСМ-1188-01 | НВО «Електро-термія», м.Луцьк | 22 |
| 1-2 | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Щит | Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вихідні сигнали: 0–5 мА, 4–20 мА; НСХ перетворювачів: термoeлектричних – <i>B, K, L, S</i> , опору – 50П, 100П, 50М, | ДИСК-250 | ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ | 22 |

| | | | | |
|----------------------|------|----------|--------|------|
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |
| ЛН82мп.705315.001 ПЗ | | | | |
| 121 | Арк. | | | |

Продовження таблиці Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-------------|----------|-----|---|-------------------------|--|----|
| | | | | 100М | | | |
| 1-3 | Температура | 96 °С±1% | Щит | Перетворювач електропневматичний $I_{\text{вх}} = 0-5$ мА; $p_{\text{вих}} = 20-100$ кПа; $P_{\text{живл}} = 0,25$ МПа | ПЕП-95 | НВП «Мікро-терм», м. Сіверськодонецьк | 22 |
| 1-4 | Температура | 96 °С±1% | Щит | Регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний; витрата повітря живлення – 4,5 л/хв, $P_{\text{вих}} = 20-100$ кПа | ФР0091 | АТ «ТИЗПРИБОР», м. Москва | 22 |
| 1-5 | Температура | 96 °С±1% | Щит | Мембранний виконавчий механізм прямої дії: 320 – діаметр забиття мембрани, мм; 40 – умовний хід штоку, мм; 05 – комплектність механізму згідно стандарту (опозиціонер і ручний боковий дублер); 1 – | МИМ ППХ-320-40-0,5-1 | ВАТ «Прикарпатпромарматура» м. Івано-Франківськ | 22 |

| | | | | |
|--------------------|------|----------|--------|------|
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |
| ЛБ41.705315.001 ПЗ | | | | |
| Арк. | 122 | | | |

Продовження таблиці Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-------------|----------|----------|---|-------------|--|----|
| | | | | температурна група | | | |
| 2-1 | Температура | 96 °C±1% | Колектор | Термоперетворювач опору мідний, НСХ 50М, діапазон вимірювання (-50)–150 °С, довжина монтажно́ї частини 90 мм; діаметр захисної арматури 6 мм; | ТСМ-1188-01 | НВО «Електро-термія», м. Луцьк | 1 |
| 2-2 | Температура | 96 °C±1% | Щит | Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вихідні сигнали: 0–5 мА, 4–20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М | ДИСК-250 | ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ | 22 |

| | | | | |
|--------------------|------|----------|--------|------|
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |
| ЛБ41.705315.001 ПЗ | | | | |
| Арк. | 123 | | | |

Продовження таблиці Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-------------|------------------------------|----------------------|--|-------------|---|----|
| 3-1 | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Поверхня циліндру | Термоперетворювач опору мідний, НСХ 50М, діапазон вимірювання $(-50) - 150^{\circ}\text{C}$, довжина монтажно́ї части- ни 90 мм; діаметр захисної арматури 6 мм; | ТСМ-1188-01 | НВО «Електро- термія», м.Луцьк | 22 |
| 3-2 | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Щит | Автоматичний показуваль- ний і реєструвальний вто- ринний прилад; вихідні сингнали: 0–5 мА, 4– 20 мА; НСХ перетворюва- чів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М | ДИСК-250 | ЗАТ «Промыш- ленная группа «Метран», м. Челябинськ | 22 |
| 3-3 | Температура | $96^{\circ}\text{C} \pm 1\%$ | Щит | Перетворювач електропне- вматичний $I_{\text{вх}} = 0 - 5 \text{ мА}$; $p_{\text{вих}} = 20 - 100 \text{ кПа}$; | ПЕП-95 | НВП «Мікро- терм», м. Сіверськодо- | 22 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|----------|--|-------------------------|---|----|------|-------|----|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЛБ41.705315.001 ПЗ | | | Арк. | | |
| | | | | | | | | 122 | | |
| Продовження таблиці Б.1 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | 6 | 7 | 8 |
| | | | | $P_{\text{живл}} = 0,25 \text{ МПа}$ | | | | | нецьк | 22 |
| 3-4 | Температура | $96^{\circ}\text{C}\pm 1\%$ | Щит | Регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний; витрата повітря живлення – 4,5 л/хв, $P_{\text{вих}} = 20\text{--}100 \text{ кПа}$ | ФР0091 | АТ «ТИЗПРИ-БОР», м. Москва | 22 | | | |
| 3-5 | Температура | $96^{\circ}\text{C}\pm 1\%$ | Щит | Мембранний виконавчий механізм прямої дії: 320 – діаметр забиття мембрани, мм; 40 – умовний хід штоку, мм; 05 – комплектність механізму згідно стандарту (опозиціонер і ручний боковий дублер); 1 – температурна група | МИМ ППХ-320-40-0,5-1 | ВАТ «Прикарпатпромарматура» м. Івано-Франківськ | 22 | | | |
| 4-1 | Тиск | 0,5 МПа | Колектор | Перетворювач тиску $p = 100 \text{ кПа}\dots 100 \text{ МПа}$ | САПФИР-22МТ | ЗАТ «МАНО-МЕТР», м. Москва | 1 | | | |

| | | | | | | |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------|------|
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЛН82.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 123 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Продовження таблиці Б.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|------|---------|-----|--|----------|--|---|
| 4-2 | Тиск | 0,5 МПа | Щит | Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0–5 мА, 4–20 мА; НСХ перетворювачів: термoeлектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М | ДИСК-250 | ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ | 1 |

Вступ

Метою даного розділу пропонованого дипломного проекту є розроблення технології виготовлення деталі – важіль.

Для досягнення поставленої мети в процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- аналізується призначення деталі та умови її роботи;
- здійснюється аналіз технологічності деталі;
- обирається заготовка та спосіб її отримання;
- розроблюється маршрутний технологічний процес виготовлення важеля;
- здійснюється вибір обладнання, верстатних пристосувань та інструменту для механічної обробки деталі;
- визначаються припуски на обробку важеля;
- розраховуються режими різання та норми часу на виготовлення деталі;
- розробляється та розраховується спеціальне верстатне пристосування;
- виконується робоче креслення деталі та складальне креслення пристосування з специфікацією;
- заповнюються операційні карти на всі операції механічної обробки заготовки.

Всі етапи виконуваних робіт детально описані в даній пояснювальній записці.

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|------|---|--|--|------|---------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | Технологічний процес виготовлення важеля | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Розроб. | | Нечипоренко | | | | | | | |
| Перевір. | | Двойнос | | | | | | 102 | 12 |
| Реценз. | | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, МАХНВ, ІХФ | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | | |

А.1 Призначення, умови роботи деталі у вузлі верстату

Важіль є деталлю механізму підйому та опускання прижимного валу поздовжньо-різального верстату. Важіль сприймає зусилля навантаження. Деталь працює в складних умовах і є відповідальною, важконавантаженою і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

А.2 Технологічний аналіз виготовлення деталі

Аналіз конструкції деталі на технологічність передбачає взаємопов'язане рішення конструкторських та технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці та якості виробу, максимальне зниження витрат часу на розробку, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт.

Матеріал деталі — Сталь 35Х ГОСТ 1050-74, забезпечує надійну експлуатацію виробу, характеризується достатньою текучістю та малою схильністю до утворення усадкових відхилень при виливанні. Конструкція деталі дозволяє отримати виливок з застосуванням високопродуктивного обладнання. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності процесу виготовлення важеля.

Сталь 35Х добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Деталь складається з простих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах. Додатково проточену поверхню Т оброблюється ТВЧ до HRC (42...46) для підвищення зносостійкості поверхні

Важіль являє собою деталь типу “стрижень” з двома наскрізними отворами. Аналіз конструкції деталі дозволяє зробити наступні висновки:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- конструкція деталі забезпечує вільний доступ робочого та вимірювального інструмента до оброблюваних поверхонь; конструкція має високу жорсткість та допускає високі режими різання;

В цілому деталь технологічна.

А.3 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Матеріал деталі має ливарні властивості, тому заготовку отримуємо литтям. Для виготовлення заготовки вибираємо лиття в піщану форму, щоб уникнути можливості утворення відбіленого шару на поверхні заготовки [24].

Ливарну форму зробити з двох частин. Рознімання - по вказаній на рисунку А.1 площині роз'єму.

Повітря і гази виводяться з форми і рідкого металу через пори, а під час твердіння і охолодження металу гази зі стрижнів виводяться через щілинні канали, що розташовані по роз'єму форми.

Щоб запобігти виникненню внутрішніх напружень і відбілюванню, виливок після виготовлення піддається відпалу.

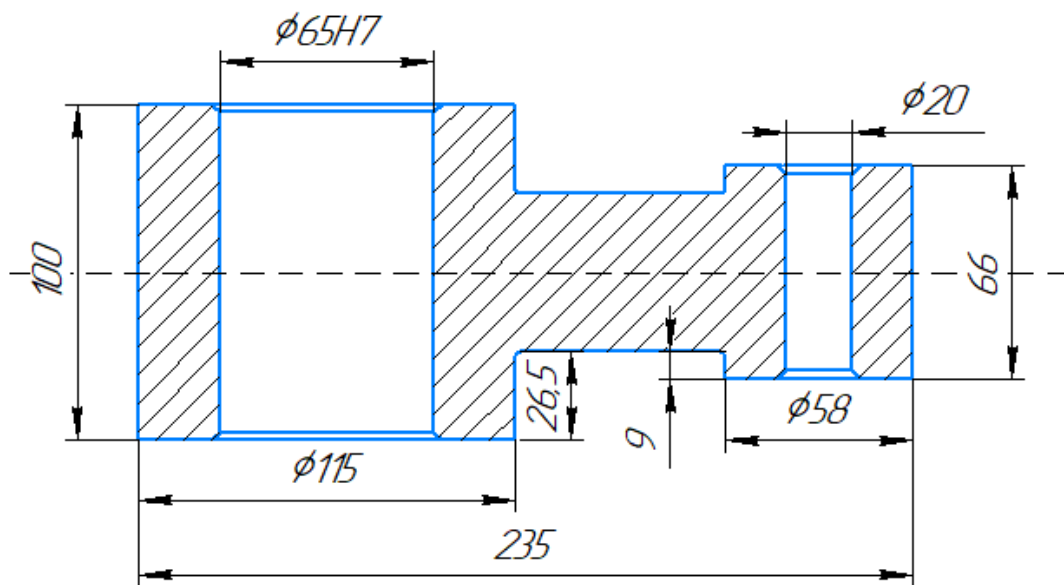


Рисунок А.1 – Ескіз заготовки важеля

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 104 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

А.4 Розробка операційного технологічного процесу виготовлення деталі

А.4.1 Визначення припусків на механічну обробку

А.4.1.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом на обробку отвору Ø65 Н8

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [24].

1 перехід – чорнове обточування (h14).

2 перехід – чистове обточування (h10).

3 перехід – тонке обточування (Н8).

Сумарні просторові відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{П}}^2} = \sqrt{300^2 + 600^2 + 4,9^2} = 671 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поверхні валу заготовки, мкм [24],

$\Delta_{\text{екс}}$ – відхилення від концентричності валу, мкм [24],

Мінімальний припуск на чорнове розточування:

$$\begin{aligned} 2z_{\min \text{чорн}} &= 2 \left[(R_z + h)_{\text{заг}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma \text{заг}}^2 + \varepsilon_{\text{у чорн}}^2} \right] = \\ &= 2 \left[(300 + 300) + \sqrt{671^2 + 350^2} \right] = 2714 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

де R_z – висота нерівностей профілю на попередньому переході [24]

h – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

Визначимо відхилення від перпендикулярності:

$$\Delta_{\text{П}} = \Delta_{\text{Н}} L = 0,7 \cdot 7 = 4,9 \text{ мкм},$$

де $\Delta_{\text{Н}}$ – питоме відхилення, мкм/мм [24];

$\varepsilon_{\text{у чорн}}$ - похибка закріплення заготовки для чорнового розточування.

Відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн}} = k_{\text{у}2} \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,06 \cdot 671 = 40 \text{ мкм}.$$

де $k_{\text{у}2}$ – поправочний коефіцієнт [25].

Мінімальний припуск на чистове розточування:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 105 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$2z_{\min \text{ чист}} = 2 \left[(R_z + h)_{\text{чорн}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma \text{чорн}}^2 + \varepsilon_{\text{учист}}^2} \right] = 2 \left[(100 + 100) + \sqrt{40^2 + 150^2} \right] = 710 \text{ мкм},$$

де $\varepsilon_{\text{учист}}$ - похибка закріплення заготовки для чистового розточування.

Розрахуємо відхилення після чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{чист}} = k_{y3} \Delta_{\Sigma \text{заг}} = 0,04 \cdot 671 = 27 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск на тонке розточування:

$$2z_{\min \text{ тон}} = 2 \left[(R_z + h)_{\text{чист}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma \text{чист}}^2 + \varepsilon_{\text{утон}}^2} \right] = 2 \left[(25 + 25) + \sqrt{27^2 + 0^2} \right] = 154 \text{ мкм},$$

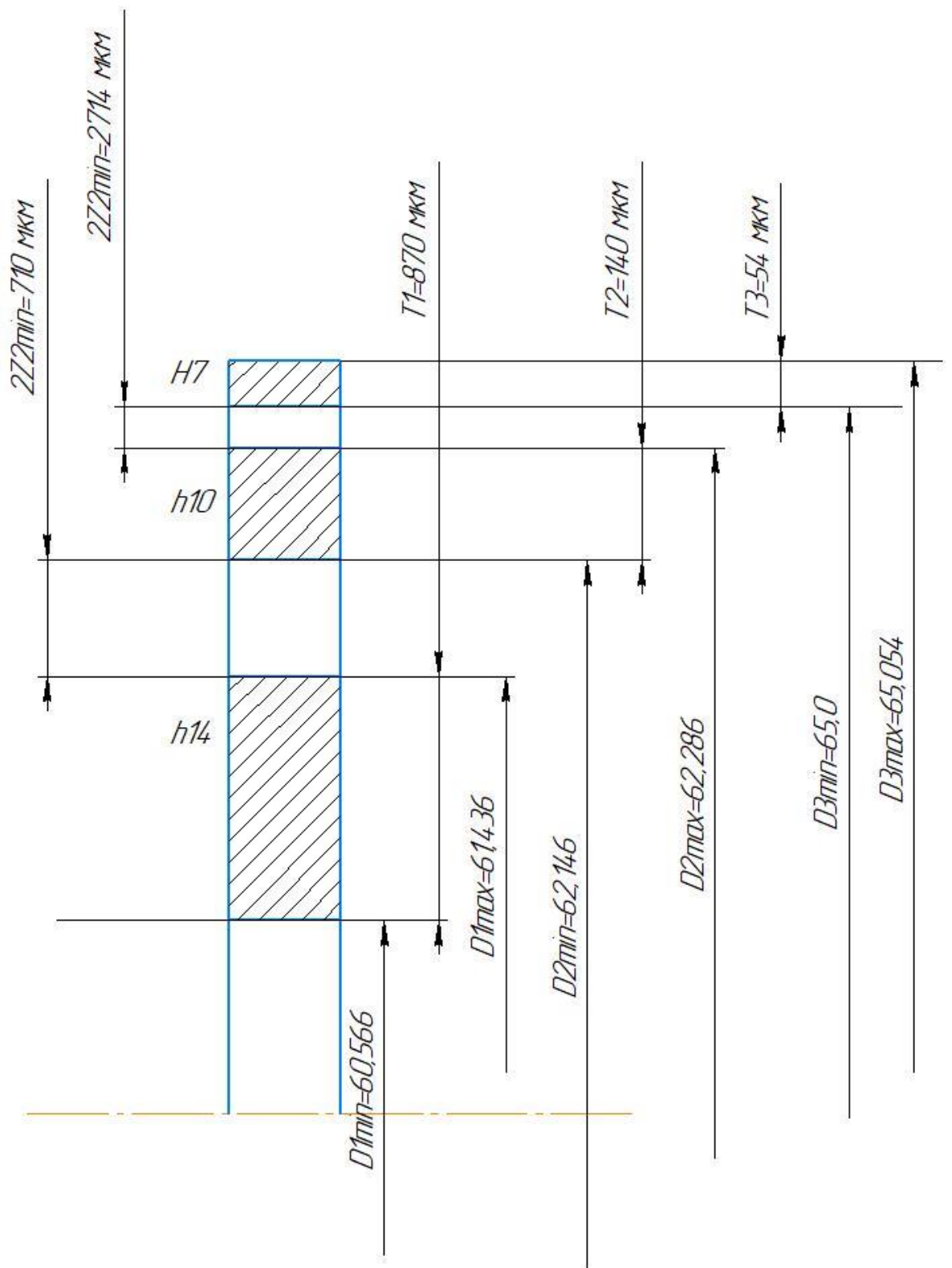
де k_{y3} – поправочний коефіцієнт [25],

$\varepsilon_{\text{утон}}$ - похибка закріплення заготовки для тонкого розточування, мкм.

Результати розрахунків зведемо до таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Розрахунок припусків на обробку валу Ø100 h6

| Технологічні переходи при обробці поверхні | Елементи припуску, мкм | | | | Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм | Розрах.розмір, D_p , мм | Допуск Т, мкм | Граничні розміри, мм | | Граничні значення припусків, мм | |
|---|---------------------------|---|-------------------|-----------------|---|------------------------------|------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------|-------------|
| | R_z | h | Δ_{Σ} | ε_y | | | | D_{\min} | D_p | $2Z_{\min}$ | $2Z_{\max}$ |
| Заготовка | | | | | | 68,542 | 3600 | 72,14 | 68,54 | – | – |
| Чорнове обточування h14 | | | | | | 65,828 | 1400 | 67,23 | 65,0 | 2,714 | 4,914 |
| Чистове обточування h10 | | | | | | 65,118 | 230 | 65,3 | 65,0 | 0,71 | 1,88 |
| | | | | | | | | $2Z_{\text{сум}}$ | | 3,578 | 7,142 |



Висновок: обираємо розмір отвору у заготовці Ø60.

А.4.2 Розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отворів Ø 20 Н9

Розрахунок виконуємо за методикою, наведеною в [24].

Вихідні дані:

Оброблюваний матеріал – Сталь35Х.

Устаткування – вертикально-свердильний верстат з ЧПУ моделі 1Р135Ф2.

Інструмент – свердло спіральне Ø20 мм з різальною частиною із швидкорізальної сталі Р6М5 (ГОСТ 4010-77).

Форма заточки свердла – Н (нормальна, 120°).

Глибина різання при свердлінні:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ мм.}$$

З рекомендованого діапазону підбираємо $S_0 = 0,3$ мм/об. Призначаємо період стійкості свердла $T = 45$ хв [24].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента, визначається за формулою [25]:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^M t^{X_v} S^{Y_v}} k_v = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 8,75^{0,5} \cdot 0,3^{0,5}} 0,44 = 12,18 \text{ м/хв,}$$

де C_v – коефіцієнт швидкості [17],

q_v, X_v, Y_v, M - показники степеня для даних умов [25],

k_v – коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента, якість заготовки та стан поверхні.

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускається стійкістю свердла:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12,18}{3,14 \cdot 20} = 194 \text{ об/хв.}$$

На верстаті обираємо найменшу частоту обертання $n_\phi = 250$ об/хв.

Фактична швидкість різання:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 108 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 250}{1000} = 15,7 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент та осьову силу визначаємо за формулами:

$$M = 10 C_m D^{q_m} S^{Y_m} k_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^{2,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,68 = 35,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки [25];

C_m, q_m, Y_m – показники степеня для даних умов [25].

$$P_0 = 10 C_p D^{q_p} S^{Y_p} k_p = 10 \cdot 68 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,68 = 3981 \text{ Н},$$

де C_p, q_p, Y_p – показники степеня для даних умов [25]

Потужність різання:

$$N = \frac{M n_{\phi}}{9750} = \frac{35,8 \cdot 250}{9750} = 0,91 \text{ кВт},$$

що менше потужності на шпинделі верстата ($N_{\text{пр}} = 1,5 \text{ кВт}$).

Остаточно для свердління отворів Ø35 мм приймаємо:

$$t = 6 \text{ мм}; S_0 = 0,3 \text{ мм/об}; S_{\text{хв}} = 75 \text{ мм/хв}; n_{\phi} = 250 \text{ об/хв};$$

$$V_{\phi} = 15,7 \text{ м/хв}; N = 1 \text{ кВт}.$$

А.4.3 Розрахунок норми часу на розсвердлювання отворів Ø 20

Методика розрахунку викладена в [24].

Основний час:

$$T_o = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}}{S_{\text{хв}}} = \frac{100 + 9 + 0}{54} = 1,45 \text{ хв},$$

де $l = 100 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = 9 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{\text{пер}} = 0$ – довжина перебігу інструмента.

Норму допоміжного часу T_d , що витрачається на дії верстатника, які забезпечують безпосереднє виконання основної технологічної роботи, визначаємо за [25] та заносимо до таблиці А.3.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 109 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця А.3 – Норми допоміжного часу

| № п/п | Найменування дії оператора | Норма часу, хв |
|--------|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | Очистити пристрій від стружки | 0,09 |
| 2 | Встановити та зняти заготовку вручну | 0,2 |
| 3 | Закріпити та відкріпити заготовку | 0,4 |
| Всього | | 0,69 |

Час на обслуговування робочого місця складає 5% від оперативного часу $T_{оп}$, хв.

$$T_{обс} = 0,05(T_o + T_d) = 0,05T_{оп}.$$

Для одного отвору:

$$T_{оп} = (T_o + T_d) = 0,78 + 0,69 = 1,47 \text{ хв.}$$

Для дванадцяти отворів:

$$T'_{оп} = 1,47 \cdot 12 = 17,64 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = 0,05 \cdot 17,64 = 0,88 \text{ хв.}$$

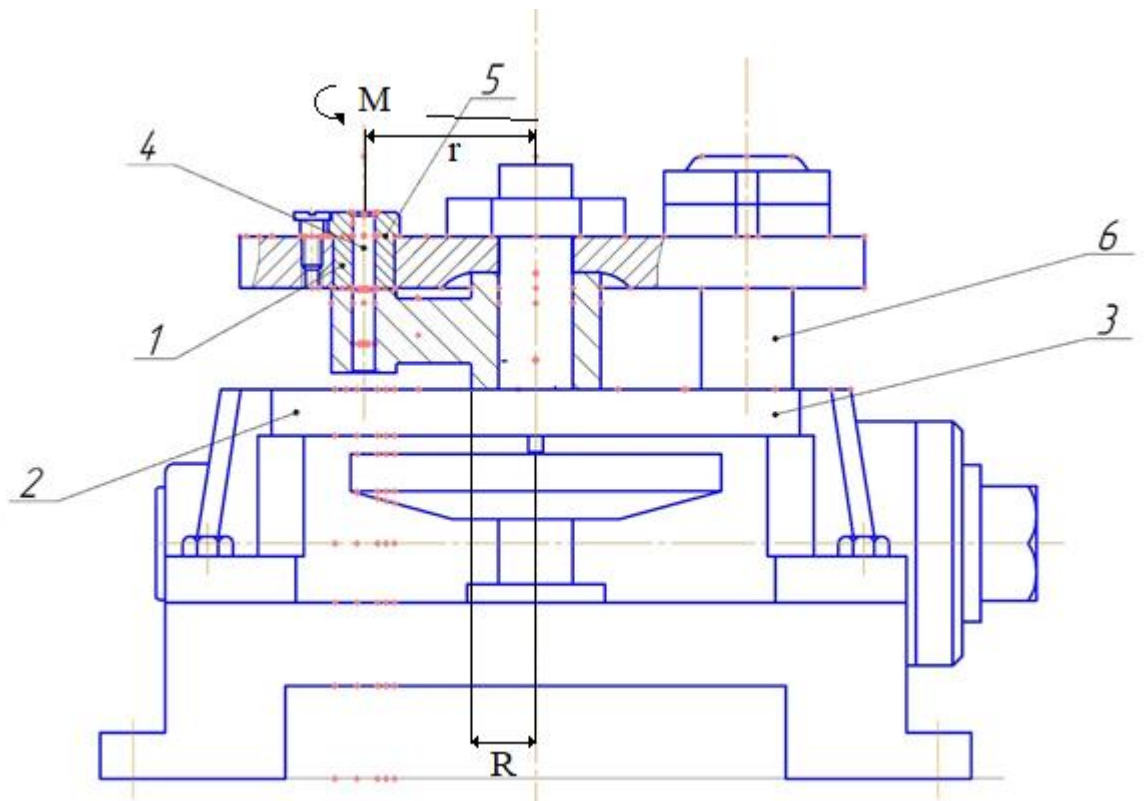
Норма штучного часу:

$$T_{ш} = T'_{оп} + T_{обс} = 17,64 + 0,88 = 18,52 \text{ хв.}$$

А.5 Опис конструкції та розрахунок кондуктора

Для свердління отворів $\varnothing 20$ мм у кришці технологічним процесом передбачений кондуктор.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 110 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



1 – пальці, 2 – корпус, 3 – диск, 4 – плунжери, 5 – втулки, 6 – опори

Рисунок А.3 – Кондуктор для свердління отворів Ø20

Кришка попередньо центрується на пальці 1, а при опусканні кондукторної плити вирівнюється трьома опорними штирями 6 та остаточно центрується пальцем 1. Отвори свердлять зі сторони площини, прийнятої за установочну базу. Для рівномірного прилягання до трьох опор використано плаваючий плунжерний механізм, що складається з пальця 1 зі сферичною голівкою, диску 3 та трьох плунжерів 4, що направляються втулками 5. Необхідно, щоб при затисканні оброблювана кришка не впиралася в корпус 2, а підтримувалася тільки плунжерами 4.

Виникаюча сила різання створює момент, що прагне повернути заготівку навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя, створюваний силою затиску Q і осьовою силою P_0 .

Умова рівноваги, Н:

$$(Q + P_0)fr = \frac{2M_{кр}}{d}kR$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 111 |

Звідси зусилля затиску буде:

$$Q = \frac{2M_{кр}kR}{dfr} - P_o = \frac{2 \cdot 35.8 \cdot 2 \cdot 0,04}{0,020 \cdot 0,3 \cdot 0,14} - 480 = 6339 \text{ Н},$$

де k — коефіцієнт запасу [25];

$M_{кр}$ — крутний момент, створюваний свердлом, Нм,

R — відстань від осі свердла до осі деталі, м;

P_o — осьова сила, Н;

d — діаметр свердла, м;

f — коефіцієнт тертя [24];

r — загальна довжина поверхні тертя, м.

Зусилля різання (P') при свердлінні отворів $\varnothing 20$ мм:

$$P' = 10C_p d^Z S^{Y_p} K_{M_p} = 10 \cdot 68 \cdot 20^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,75 = 4610 \text{ Н},$$

де K_{M_p}, C_p, Z_p, Y_p — коефіцієнти.

Зусилля на ричагу:

$$U = \frac{l}{r_{ш}} = \frac{0,5}{0,1} = 5 \text{ Н},$$

Зусилля потрібно прикласти робітнику:

$$F = \frac{(Q - P')}{U} = \frac{6339 - 4610}{5} = 345 \text{ Н},$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 112 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновок

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення важелю було виконано наступне:

- розглянуто службове призначення важелю та його конструктивні особливості;
- проаналізовано технологічність важелю та його заготовки;
- складено орієнтований план обробки поверхонь важелю, визначено тип виробництва;
- вибрано спосіб виготовлення заготовки та розроблено її ескіз;
- розроблено маршрут виготовлення важелю;
- підібрано моделі металорізальних верстатів, пристрої та інструменти;
- розраховано припуски на обробку базової площини В, підібрані припуски на обробку інших поверхонь;
- розраховано режими різання для точіння, підібрані за таблицями режими різання для виконання інших переходів;
- визначено норми часу на виконання однієї операції;
- заповнено маршрутну та операційну карту з ескізами;
- розроблено конструкцію, приведено опис принципу роботи і розрахунок пристрою для обробки на металорізальних верстатах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 113 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток Б

Автоматизація сушильної частини КРМ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 114 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток В
Документація до патентного дослідження

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 126 |
| Зм. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дата | | |

Таблиця В.2 – Джерела інформації використані під час проведення пошуку

| Предмет пошуку | Держава пошуку | Класифікаційні індекси | Інформаційна база, що використана під час проведення пошуку | Патентна інформація | |
|-----------------------------------|---|--|--|---|--|
| | | | | Патентна інформація | Інша науково-технічна інформація |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Сушильна група, сушильний циліндр | Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія | МПК5, МПК6 і МПК7 – D06C15/08, D21F1, D21F9. | Державна науково-технічна бібліотека України http://www.patentlens.net/ http://www.fips.ru http://base.uipv.org/searchINV/ http://www.earpatis.com/ http://www.eapo.org/ru/ https://patents.google.com/ | Описи винаходів України № 1-25000. Описи винаходів Російської Федерації № 2000000-2060000. Бюлетені – «Открытия. Изобретения», – «Изобретения стран мира» | Національні й зарубіжні патентні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей. «Бумагоделательные и отделочные машины». Изд. 3-е, испр. и доп. Эйдлин И.Я., Лесная промышленность, 1995 – 624 с. «Оборудование ЦБП». Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екимов В.А., Ильинский М.В., Лихтер А.Д., Литвинов М.Д. – т.2. – М.: Лесная промышленность, 1991 – 264 с. |

Таблиця В.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575–97)

| Предмет пошуку | Мета пошуку інформації | Держава пошуку | Класифікаційні індекси | Ретроспективність пошуку | Джерела інформації |
|-------------------------------------|--|---|---|--------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Сушильна частина, сушильний циліндр | Визначення патентоздатності спроектованої машини й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці | Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія | МПК6 і МПК7 – D21F5/00, D21F5/10, D21F5/02, D21F5/00, D21F7/02. | 1998 – 2018 р. | Національні патентні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; «Бумагодела-тельные и отделочные машины». Изд.3-е, испр. и доп. Эйдлин И.Я., Лесная промышленность, 1995 – 624 с. «Оборудование ЦБП». Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екимова В.А., Ильинский М.В., Лихтер А.Д., Литвинов М.Д. – т. 2. – М.: Лесная промышленность, 1991 – 264 с. |

Перелік посилань

1. Патент № 4184268 (US). Сушильний циліндр папероробної машини. Винахідники: Равенсбург А.С., Appl. No.: 936309. Дата 09.01.2007. (US) Опубл. 12.03.2009.

2. Патент №2051259 (RU) МПК(2006) D21F7/02 Сушильная часть для сушки полотна из волокнистого материала. Калинин, Распопин, Учанов та інші – заявка № u2003054357, 15.05.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл № 12

3. Патент № 101034 (UA). Сушильний циліндр. Винахідники: Марчевський В.М., Колобашкін Л.В., Семінський О.О., Appl. No.: u201501354. Дата 18.02.2015 Заявл. 25.08.2015 (UA) Опубл. 25.08.2015

4. Патент №2372434(RU), МПК6 D21F5/02. Сушильный цилиндр./ Клоибхофер Райнер (АТ),Хаазе Кристоф (АТ),Груббер-Надлингер Томас (АТ),Боден Херберт (АТ),Роленнитц Эрих (АТ),Глозер Манфред (АТ) (RU); Фойт патент гмбх (DE) – Заявка № 2007129851/12, 22.11.2005; Опубл. 10.11.2009

5. Патент №35068 (UA) МПК 2006 D21F5/00 Сушильна секція/ Марчевський В.М, Новохат О.А - Заявка №u200805439 25.04.2009; Опубл. 26.08.2008, Бюл.№16.

6. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету) /Уклад. А. М. Задольський, О. О. Шаповаленко - К.: НТУУ «КПІ», 2010 – 15с.

7.Оборудование целлюлозно-бумажного производства, 1981. Т.2. Бумагоделательные машины / В.А. Чичаев, М.Л. Глезин и др. - М.: Лесная промышленность, 1981. - 264 с.

8.Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины; - изд.3-е, испр. и доп – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 624 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 100 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

9.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: в 3-х т./ В.И. Андреев. – М.: Машиностроение. 1979.

10. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Павлов К.Ф, Романков П.Г., Носков А.А; Учебное пособие для вузов Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

11. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: / Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

12. Расчет на прочность деталей машин: в 3 т. / Биргер И.А. и др. – М.: Машиностроение, 1962.– 488 с.

13. ГОСТ 5721-75. Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные. Типы и основные размеры.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред.

А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

15. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О.

Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

16. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток Д
Публікації автора

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 161 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Нечипоренка Ростислава Артуровича

1. Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М. Методи модернізації сушильної частини картоноробної машини [Текст]: Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 129 с.

2. Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М. Модернізація сушильної частини картоноробної машини [Текст]: Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 191 с.

3. Патент № 138832 (UA) МПК(2006) D21F 5/00, D21F 5/02. Сушильний циліндр. Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М.— заявка № u201905631, 07.05.2019; Опубл. 10.12.2019, Бюл № 23/2019.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ЛН82мп.705315.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 162 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

УДК 626.026

МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Нечипоренко Р.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

На сучасному етапі пакувальна індустрія розвивається прискореними темпами, тому пакувальні матеріали відіграють значну роль в промисловості. В Україні використовують близько 40% картонно - паперової упаковки.[1] Попит на упаковку в промисловості, особливо, на виробництвах харчової промисловості – який являється основним споживачем гофротари, та і в інших галузях швидко зростає і цілком не задовольняється.

Збільшення об'ємів виробництва упаковочного картону обмежується продуктивністю сушильної частини КРМ, тому інтенсифікація процесу сушіння є актуальною проблемою.

Сушильна частина картоноробної машини складається з сушильних циліндрів, що нагрівають парою, які зазвичай розташовані в два ряди в шахматному порядку. Загальна кількість циліндрів залежить від таких факторів як температура поверхні сушильних циліндрів, вологість теплоносія. Паперове полотно послідовно огинає поверхню сушильних циліндрів і проходить від верхнього ряду до нижнього. При цьому на ділянках контакту з циліндрами полотно притискається сушильним сукном до робочої поверхні циліндрів. Сукно зволожено парою висушується на сукносушильних циліндрах.

Для інтенсифікації сушіння паперового полотна замість сукна застосуємо полімерну сітку, яка забезпечить краще зневоднення паперового полотна, а також дає можливість не ставити сукносушильні циліндри. Застосувати подачу теплоносія через сопла обдуву.

Також застосуємо ковпаки конвективного сушіння, які дадуть додатковий тепловий потік, що приведе до зменшення кількості сушильних

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

циліндрів в сушильній частині. Покращуємо вентиляцію за рахунок тепла відпрацьованого повітря соплового обдуву, що ліквідує конденсацію пари на сінках ковпака взимку в результаті додаткового об'єму повітря.[2]

Висновок запропоновані методи інтенсифікації процесу сушіння дозволять збільшити продуктивність сушильної частини та зменшити її металоємність.

Перелік посилань:

1. Требования к упаковочным материалам /Тара и упаковка. Учебник// Э.Г.Розанцева. - М. МГУПБ, 1999.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Т2. Бумагоделательные машины/ В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова и др. Лесная промышленность, 1981, ст.141.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

магістрант Нечипоренко Р.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

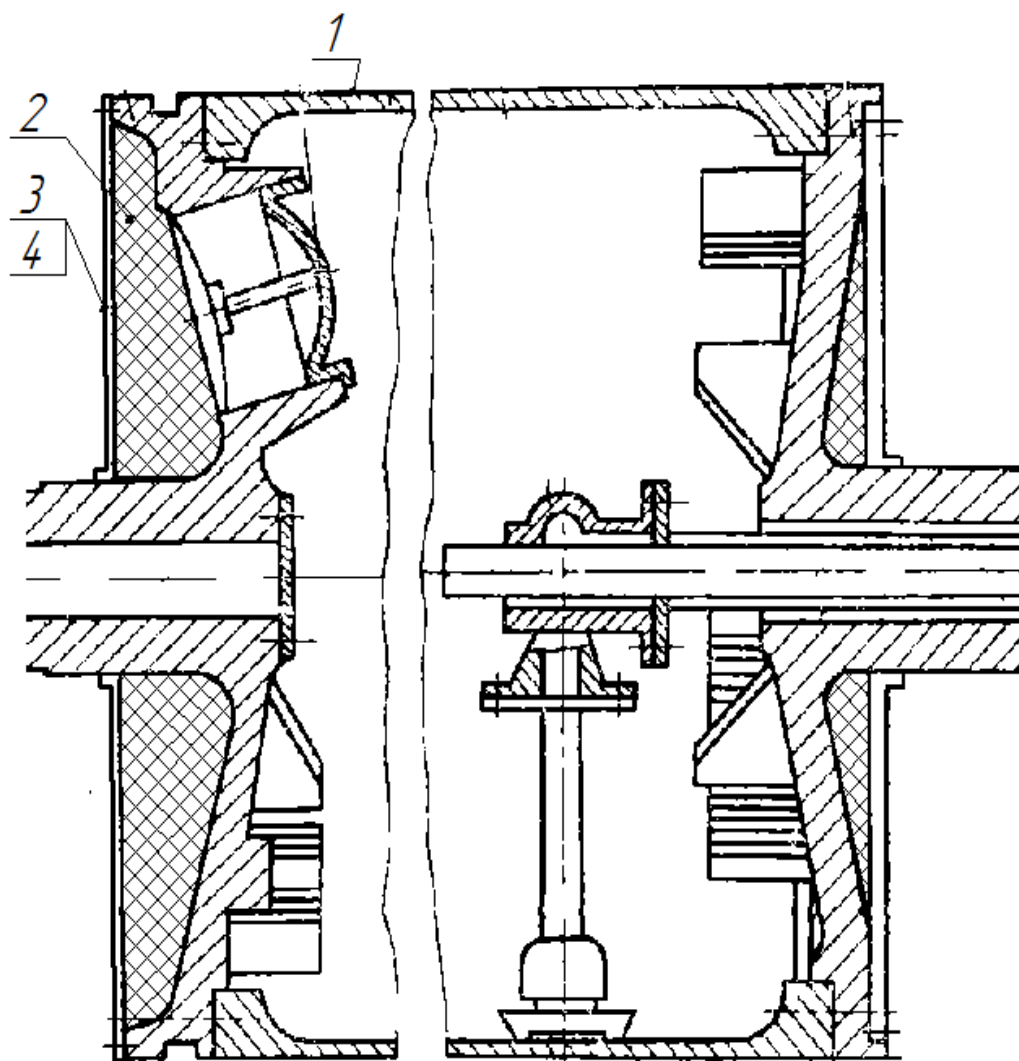
Вартість палива для отримання теплової енергії зростає кожний рік, тому модернізація сушильної частини картоноробної машини з метою зменшення витрат теплової енергії на тонну виробленої продукції є актуальною.

Сушильна частина картоноробної машини витрачає основну кількість енергії на вироблення картону. Важливо знати, що тепла енергія виділяється в сушильних циліндрах при конденсації водяної пари, на висушування 1 тони води з картону витрачається 2-2.5 тони пари, з них 10 відсотків втрачається в навколишнє середовище [1]. Основна кількість теплоти шляхом конвекції переноситься від поверхні торцевих кришок циліндрів в навколишнє середовище.

Дана робота присвячена модернізації сушильного циліндра з метою усунення втрат теплоти через торцеві кришки сушильних циліндрів. Модернізація полягає в тому, що на торцеві кришки сушильного циліндра нанесено ізоляцію з мінеральної вати.

Нова конструкція дозволить зменшити витрати теплової енергії на сушильній частині, що в свою чергу призводить до значної економії теплової енергії.

На рисунку 1 зображено 1 - сушильний циліндр, 2 - шар теплоізоляції, 3- щиток, 4 - гвинти кріплення щитка до кришки циліндра[2].



1 –сушильний циліндр; 2 – шар теплоізоляції; 3 – щиток; 4 –гвинти;

Рисунок 1 – Конструкція сушильного циліндра

Отже, модернізація сушильної частини, шляхом збереження теплової енергії призводить до значної економії теплової енергії, це є основною проблемою, яка є актуальна.

Перелік посилань:

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.

2. Інтернет – ресурс: <http://mash-xxl.info/info/600271/> від 03.04.2019 р.